

УДК 524.882

Давление вакуума и течение времени под поверхностью Земли

Беляев В.Б. (*)

wbelayev@yandex.ru

Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В стандартной космологической модели от давления вакуума зависит ускорение расширения Вселенной. В данной работе рассматривается возможность его определения из свойств локальной гравитационной системы. Рассмотрен механизм возникновения давления вакуума, основанный на гравитационном дефекте масс. Его значение получено для внутренней области слабо гравитирующего сферического статического источника гравитации с постоянной плотностью. Уравнение состояния соответствует решению уравнений Эйнштейна для сферы, внутри которой время везде течет одинаково. Это решение используется для оценки течения времени под поверхностью Земли. Результаты сравниваются с величинами, полученными на основе зависимости его течения только от гравитационного потенциала.

Ключевые слова: сферический источник гравитации, давление вакуума, гравитационный дефект, замедление времени

Методы и материалы; результаты. Давление вакуума определяется из геометрии пространства согласно идее А. Д. Сахарова о «метрической упругости» пространства, т. е. возникновении обобщенной силы, препятствующей его искривлению [1]. Предполагается, что эквивалентная гравитационному дефекту масс энергия, расходуется на деформацию вакуума. Определяется гравитационное воздействие на него в случае слабо гравитирующего статического центрально-симметричного распределения вещества. Сферические источники гравитации с постоянными плотностями и одинаковыми гравитационными массами m рассматриваются в сферах с одинаковым объемом в удаленной системе отсчета [2, 3]. Разница между собственным объемом сфер и их объемом в удаленной системе отсчета увеличивается с увеличением дефекта массы, что дает положительное давление гравитационного поля внутри сферы $p = (1/3)c^2\rho$, где ρ — ее плотность. В статическом случае давление вакуума уравнивает воздействие гравитации на вакуум. Это приносит уравнение состояния внутри слабо гравитирующей сферы $p_v = -(1/3)c^2\rho$. Распределенная в пространстве материя возбуждает вакуум, в результате чего он приобретает ненулевое давление, которое, как предполагается, является источником гравитации. Это уравнение состояния соответствует решению уравнений Эйнштейна для сферы с радиусом a и постоянной плотностью

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2\gamma m}{c^2 a}\right) d(ct)^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{2\gamma m}{a^3} r^2} - r^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2),$$

внутри которой течение времени одинаково во всех точках [4].

Эта метрика используется для оценки течения времени под поверхностью Земли в соответствии с распределением ее плотности в зависимости от расстояния от ее центра [5]. Центр Земли, согласно примененному методу, будет моложе поверхности на 0,5 лет. Модель с зависимостью замедления времени только от гравитационного потенциала дает разницу 2,49 лет [6]. Относительное изменение промежутков времени на поверхности и на расстоянии l от нее в пределах земной коры определяется коэффициентом

$$K_\tau = \frac{\Delta\tau_n - \Delta\tau}{l\Delta\tau_n}. \text{ В первом случае он составит } 5,36 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-1} \text{ для средней}$$

плотности земной коры и $8,86 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-1}$ для плотности воды Мирового океана. При зависимости только от гравитационного потенциала для K_τ дается слабо зависящая от локальной плотности оценка $1,11 \cdot 10^{-16} \text{ м}^{-1}$. Точность определения времени с помощью атомных часов позволяет обнаружить данный эффект его замедления.

Список источников

- [1] Сахаров А.Д. Вакуумные квантовые флуктуации в искривленном пространстве и теория гравитации. *Докл. АН СССР*, 1967, т. 177, № 1, с. 70–71.
- [2] Беляев В.Б. *Динамика в общей теории относительности: вариационные методы*. Москва, УРСС, 2017, 216 с.
- [3] Tsipenyuk D.Yu., Belayev W.B. Dependence of universe deceleration parameter on cosmological constant: mechanism of vacuum pressure excitation by matter. *Rom. Rep. Phys.*, 2020, vol. 72, no. 3, art. no. 113.
- [4] Tsipenyuk D.Yu., Belayev W.B. Homogeneous sphere with excited vacuum pressure, applications in extended space model and cosmology. *New Trends in Physical Science Research*, 2022, vol. 6, ed. Dong S-H, BP International, pp. 144–155. <https://doi.org/10.9734/bpi/ntpsr/v6/2558A>
- [5] Dziewonski A.M., Anderson D.L. Preliminary reference Earth model, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 1981, vol. 25, iss. 4, pp. 297–356. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(81\)90046-7](https://doi.org/10.1016/0031-9201(81)90046-7)
- [6] Uggerhøj U.I., Mikkelsen R.E., Faye J. The young centre of the Earth. *Eur. J. Phys.*, 2016, vol. 37, art. no. 035602. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/3/035602>

Vacuum Pressure and the Flow of Time beneath the Earth's Surface

Belayev V.B.^(*)

wbelayev@yandex.ru

Khlopin Radium Institute, Saint-Petersburg, Russia

Abstract. In the standard cosmological model, the acceleration of the Universe expansion depends on the vacuum pressure. This work considers the possibility of determining it from the properties of a local gravitational system. Mechanism of vacuum pressure occurrence based on gravitational defect of masses is studied. Its value is obtained for the inner region of a weakly gravitating spherical static gravity source with constant density. The equation of state corresponds to the solution of Einstein's equations for a sphere within which time flows equally everywhere. This solution is used to estimate the flow of time under the Earth's surface. The results are compared with the values obtained on the basis on the dependence of its flow only on the gravitational potential.

Keywords: spherical gravitational source, vacuum pressure, gravitational defect, time dilation

The vacuum pressure is detected from the space geometry according to Sakharov's idea of a “metrical elasticity” of space i.e., the emergence of a generalized force that prevents its curvature [1]. It is assumed that the energy equivalent to gravitational defect of masses is spent on vacuum deformation. The gravitational influence on it is determined in the case of a weakly gravitating static centrally symmetrical distribution of the substance. Spherical gravity sources with constant densities and the same gravitational masses m are considered in spheres with the same volume in a distant frame [2, 3]. The difference between the proper volume of spheres and their volume in the distant reference frame increases with increasing mass defect, which gives a positive pressure of the gravitational field inside the sphere $p = (1/3)c^2\rho$, where ρ is its density. In static case the vacuum pressure balances impact of gravity on vacuum. This yields equation of state inside the weakly gravitating sphere $p = (1/3)c^2\rho$. Matter distributed in space excites a vacuum, causing it to acquire a non-zero pressure, which is assumed to be the source of gravity. This equation of state corresponds to the solution of Einstein's equations for a sphere with radius a and constant density

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2\gamma m}{c^2 a}\right) d(ct)^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{2\gamma m}{a^3} r^2} - r^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2),$$

within which the flow of time is the same at all points [4].

This metric is used to estimate the flow of time under the Earth's surface in accordance with the distribution of its density depending on the distance from its center [5]. The center of the Earth, according to the applied method, will be younger than the surface by 0.5 years. The model with time dilation dependent only on the gravitational potential gives a difference 2.49 years [6]. The relative change in time intervals on the surface and at a distance from it within the earth's crust is determined by the coefficient $K_\tau = \frac{\Delta\tau_n - \Delta\tau}{l\Delta\tau_n}$. In the first case, it will be

$5.36 \cdot 10^{-17} \text{ m}^{-1}$ for the average density of the Earth's crust and $8.86 \cdot 10^{-17} \text{ m}^{-1}$ for the density of the water in the World Ocean. If K_τ depends only on the gravitational potential, it is given an estimate of $1.11 \cdot 10^{-16} \text{ m}^{-1}$, which weakly depends on the local density. The accuracy of determining time using atomic clocks makes it possible to detect this effect of its slowing down.

References

- [1] Sakharov A.D. Vacuum quantum fluctuations in curved space and the theory of gravitation. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 1967, vol. 177, no. 1, pp. 70–71. (In Russ.).
- [2] Belayev V.B. The Dynamics in General Relativity Theory: Variational Methods. Moscow, URSS Publ., 2017, 216 p. (In Russ.).
- [3] Tsipenyuk D.Yu., Belayev W.B. Dependence of universe deceleration parameter on cosmological constant: mechanism of vacuum pressure excitation by matter. Rom. Rep. Phys., 2020, vol. 72, no. 3, art. 113.
- [4] Tsipenyuk D.Yu., Belayev W.B. Homogeneous sphere with excited vacuum pressure, applications in extended space model and cosmology. New Trends in Physical Science Research, 2022, vol. 6, ed. Dong S-H, BP International, pp. 144–155. <https://doi.org/10.9734/bpi/ntpsr/v6/2558A>
- [5] Dziewonski A.M., Anderson D.L. Preliminary reference Earth model. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 1981, vol. 25 pp. 297–356. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(81\)90046-7](https://doi.org/10.1016/0031-9201(81)90046-7)
- [6] Uggerhøj U.I., Mikkelsen R.E., Faye J. The young centre of the Earth. Eur. J. Phys., 2016, vol. 37, art. 035602. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/3/035602>