

Comments to Friedman, A. (1922). "Uber die Krümmung des Raumes"

Gubin Veaceslav
Vimana`s Project

ABSTRACT

This article is an attempt to understand the world in which we live.

The interpretation and calculation of concrete (fixed) values for Big Bang time, the dark energy, dark matter, the lambda constant, Hubble constant, redshift

My native language is not English. Original text on Russian language. Any Q/A to vimanapro@gmail.com This is v.1.0

ВСТУПЛЕНИЕ

В своей известной работе, посвящённой общим космологическим вопросам Фридман А.А. упоминает о периодическом мире с периодом от минус до плюс бесконечности по времени. Комментарии к свойствам такого мира будут изложены ниже.

В своей работе Фридман А.А. внёс два класса предположений.

Первый класс

1. Гравитационные потенциалы удовлетворяют системе уравнений Эйнштейна с так называемым космологическим членом.

2. Материя находится в несвязанном состоянии и обладает взаимно относительным покоем.

Второй класс

3. При выделении из четырёх мировых координат трёх пространственных мы будем иметь пространство постоянной кривизны, могущей, однако, меняться с течением четвёртой временной координаты.

4. Время ортогонально пространству
Эти предположения дали возможность записать

INTRO

In their well known article on general cosmological questions A. Friedman said about the periodic world in which time varies between $-\infty$ and $+\infty$. Comments on the characteristics of such a world will be described below.

The assumptions on which A. Friedman based his considerations divide into two classes.

The first class

1. The gravitational potentials obey the Einstein equation system with the cosmological term, which may also be set zero.

2. Matter in incoherent and relative rest: or, less strongly expressed, the relative velocities of matter are vanishingly small in comparison to the velocity of light.

The second class

3. After distribution of three space coordinates x_1, x_2, x_3 we have a space of constant curvature, that however may depend on x_4 – the time coordinate.

4. Time is orthogonal to space

These assumptions have made it possible to write

$$ds^2 = R^2(dx_1^2 + \sin^2 x_1 dx_2^2 + \sin^2 x_1 \sin^2 x_2 dx_3^2) + M^2 dx_4^2$$

где R зависит только от x_4 а M является, вообще говоря, функцией всех четырёх координат.

Далее в своей работе Фридман А.А. останавливается на интервалах для мировых координат

x_1 - в интервале $(0, \pi)$

x_2 - в интервале $(0, \pi)$

x_3 - в интервале $(0, 2\pi)$

Интервал для x_4 оставляется открытым но в заключительной части работы, говоря о действительно периодическом мире им определяется интервал $(-\infty, +\infty)$.

В финальной части автор отметил недостаточность данных для решения вопроса о том, каким миром является наша Вселенная. С момента написания заметки прошло без малого 90 лет. Попробуем определить каким миром является Вселенная сейчас.

Where R is a function of x_4 and M in general case depends on all four world coordinates.

Further in his notice A. Friedman made an agreement over the limits within which the world coordinates are confined

x_1 in the interval $(0, \pi)$

x_2 in the interval $(0, \pi)$

x_3 in the interval $(0, 2\pi)$

With respect to the time coordinate made no preliminary restrictive. In the final part of the article talking about a true periodic world time varies between $(-\infty, +\infty)$.

In the seventh point far long from beginning we can find such words: «Our knowledge is completely insufficient to carry out numerical calculations and to decide, which world our universe is»

From the moment of notice writing, passed nearly 90 years. Let's try to determine what the world is the universe now.

ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

Предположение о единицах измерения. Упоминаемые в статье масса, длина и время не обусловлены конкретными единицами измерения. это означает правомочность использования в качестве таковых Планковские единицы массы, энергии, длины и времени, выраженные через постоянные $c, G, h (\hbar)$

Предположение о необходимости уточнения свойств Планковской частицы, находящейся внутри и вне пространства-времени. Некоторые очевидные свойства Планковской частицы, по-прежнему, остаются без внимания, что затрудняет понимание процесса развития периодического мира.

Предположение о сохранении физических законов нашего мира при произвольных значениях пространства-времени и общих законов сохранения (энергии/массы/координат(пространственно-временных) и условия существования массы/энергии только в пространстве-времени

КОММЕНТАРИИ

При $x_4 = t_o = N_o t_{pl}$ и $R = ct_o = N_o l_{pl}$
($N_o = 0,73 * 10^{61}$)

ASSUMPTIONS

The assumption of the units of measurement. Referred in article mass, length and time are not subject to specific units of measurement. This means usability Planck units of mass, energy, length and time, expressed in terms of the constants $c, G, h (\hbar)$

The assumption of the necessity to clarify the properties of the Planck particle located inside and outside of the space-time. Some obvious properties of the Planck particles still remain unattended, making difficult for understanding the process of true periodic world.

The assumption of the preservation of the physical laws of our world for arbitrary space-time and general conservation laws (energy / mass / coordinates (space-time) and the existence condition for mass / energy only in the space-time

COMMENTS

Set $x_4 = t_o = N_o t_{pl}$ and $R = ct_o = N_o l_{pl}$
($N_o = 0,73 * 10^{61}$)

$$ds^2 = (N_o l_{pl})^2 (dx_1^2 + \sin^2 x_1 dx_2^2 + \sin^2 x_1 \sin^2 x_2 dx_3^2) + M^2 dx_4^2$$
$$x_1 (0, \pi) \quad x_2 (0, \pi) \quad x_3 (0, 2\pi) \quad x_4 (0, \infty)$$

То есть получаем гипертферу с началом координат на её поверхности, выбранных произвольно и соответствующим положению наблюдателя в текущий момент времени. значением R как радиуса кривизны.

Рассмотрим сечение пространства по x_1, x_4 (т.е. $x_2 (0), x_3 (0 \text{ и } \pi)$) Принимая во внимание ортогональность времени и пространства, заметим, что при значении $x_1 = \pi/2$ проекция вектора времени этой точки на вектор времени точки начала координат равна нулю. Т.е эта точка является горизонтом событий для наблюдателя, а вся область сечения со значениями $x_1(0, \pi/2) \quad x_2 (0) \quad x_3 (0)$ виртуальной чёрной дырой с положительной кривизной. Другая половина гипертферы - виртуальная (для наблюдателя) чёрная дыра с отрицательным значением проекции по x_4 . Рассмотрим положение точки с координатой $x_1 (\pi) \quad x_2 (\pi) \quad x_3 (2\pi) \quad x_4 (N_o t_{pl})$. Если признать справедливость предположения Фридмана А.А. о периодическом мире с отрицательными значениями x_4 то возможна запись

That is, we get a hypersphere with the origin of coordinates at the surface, defined arbitrarily and the relevant position of the observer at the current time. value of R as the radius of curvature.

Consider the cut of the space on the x_1, x_4 (i.e. $x_2 (0), x_3 (0 \text{ and } \pi)$)

Taking into account the orthogonality of space and time, we note that the value of $x_1 = \pi/2$ is the value projection of time-vector this point in time vector of the origin is zero. I.e. this point is the event horizon for an observer, and the entire region with the values of $x_1(0, \pi/2)$

$x_2 (0) \quad x_3 (0)$ virtual black hole with positive curvature. The other half part of the hypersphere is a virtual (only for observer) black hole with a negative value projection of x_4 .

Consider the position of the point with the coordinate $x_1 (\pi) \quad x_2 (\pi) \quad x_3 (2\pi) \quad x_4 (N_o t_{pl})$

If we accept the validity of the assumptions A. Friedman about the periodic world with negative x_4 , then the possible next entries

$$ds^2 = (N_o * (-l_{pl}))^2 (dx_1^2 + \sin^2 x_1 dx_2^2 + \sin^2 x_1 \sin^2 x_2 dx_3^2) + (-M)^2 dx_4^2$$
$$x_1 (0, -\pi) \quad x_2 (0, -\pi) \quad x_3 (0, -2\pi) \quad x_4 (0, -\infty)$$

для $x_4(-t_o = N_o(-t_{pl}))$

Красная и синяя формула для ds^2 дают один и тот же результат при смене знака координат x_1, x_2, x_3, x_4 . Т.е. получаем одну и ту же гиперсферу с соответственно выпуклой и вогнутой кривизной в зависимости от выбранной системы координат.

Пространственное положение точки с координатами

$x_1(0), x_2(0), x_3(0), x_4(-t_o = -N_o t_{pl})$

соответствует пространственному положению точки с координатами

$x_1(\pi), x_2(\pi), x_3(2\pi), x_4(t_o = N_o t_{pl})$

$-x_1$ - в интервале $(0, -\pi)$

$-x_2$ - в интервале $(0, -\pi)$

$-x_3$ - в интервале $(0, -\pi)$

$-x_4$ - в интервале $(0, -\infty)$

Здесь необходимо пояснение. Мир с положительной и отрицательной массой занимают одно и то же пространство.

Локальное присутствие массы с положительным или отрицательным знаком в какой либо точке пространства изменяет ортогональность вектора времени для этой точки пространства. То есть суммарное соотношение масс в данной точке пространства даёт суммарное изменение вектора времени. Это означает что присутствие в данной точке пространства отрицательной массы при отрицательном значении x_4 изменяет и вектор времени в этой точке при положительном значении x_4 . Локальное изменение вектора вектора времени способствует концентрации одноимённых по знаку масс в областях пространства, не занятых массой с противоположным знаком.

Это означает, что в наблюдаемой Вселенной соотношение пустых и заполненных крупномасштабных областей пространство должно быть примерно одинаковым.

Сравнивая пространственные координаты двух состояний периодического мира, заметим, что данные две гиперсферы представляют одно и то же пространство. Суммарное значение массы для данного пространства-времени равно нулю. Такое пространство характеризуется значением космологической постоянной для положительных координат равной по модулю значению космологической постоянной для отрицательных координат. В статье Фридмана А.А. значение космологической постоянной для положительных координат количественно не определено и равно в нашем случае

$$\Lambda = \frac{4 c^2}{9 A^2},$$

где «А» размерность длины.

for $x_4(-t_o = N_o(-t_{pl}))$

Red and blue formulas for ds^2 gave the same result by changing the sign of coordinates x_1, x_2, x_3, x_4 . That is, we get the same hypersphere, respectively convex and concave curvature depending on the chosen coordinate system. The spatial position of the point with coordinates

$x_1(0), x_2(0), x_3(0), x_4(-t_o = -N_o t_{pl})$

corresponds to the spatial position of the point with coordinates

$x_1(\pi), x_2(\pi), x_3(2\pi), x_4(t_o = N_o t_{pl})$

$-x_1$ - in the interval $(0, -\pi)$

$-x_2$ - in the interval $(0, -\pi)$

$-x_3$ - in the interval $(0, -\pi)$

$-x_4$ - in the interval $(0, -\infty)$

There should be an explanation. The world with the positive and negative mass occupy one and the same space. The local presence of the mass with a positive or with a negative sign at any point of space changes the orthogonality of the time vector for this point in space. The total mass ratio at this space point gives the total change of direction time-vector. This means that the presence for a given point in space of negative mass with the negative value of x_4 and a vector of time changes at this point vector of time also for the positive value of x_4 . Local variation of the vector time facilitates the concentration of the similar name on the sign of the mass in domains of space not occupied by a mass of opposite sign.

This means that the ratio of the observable universe empty and filled large clusters of space should be approximately equal

Comparing the spatial coordinates of the two states of the periodically world, we note that the two hyperspheres are one and the same space. The total value of the mass for a given space-time is zero. This space is characterized by the value of the cosmological constant for positive coordinates equal modulo the value of the cosmological constant for negative coordinates.

In the article of A. Friedman the value of the cosmological constant for positive quantitative coordinate is not defined and is equal in our case,

$$\Lambda = \frac{4 c^2}{9 A^2},$$

where "A" dimension of length.

Рассмотрим значение времени, в котором объёмная плотность энергии Вселенная была сопоставима с Планковской энергией. Состояние только с энергией гравитации и энергией вакуума. В этом случае подсчитывается энергия исходя из предположения об одинаковости объёмов как для гравитационной, так и для вакуумной энергий.

Энергия гравитации вычисляется из формулы, определяющей массу по размеру радиуса чёрной дыры и величины скорости света.

$$E_M = M_u c^2 = K_M \frac{c^4 R}{G}$$

Энергия вакуума вычисляется умножением объёма пространства на плотность энергии вакуума.

$$E_V = V_u \rho_V = K_V \frac{c^4 R}{G}$$

Соотношение этих энергий величина постоянная не зависящая от физических констант что указывает на неизменность геометрии пространства во времени. Зная соотношение величины одной энергии к другой, можно определить значение космологической постоянной.

Для дальнейшего упрощения понимания нижеизложенного предлагаю перейти к измерению координат Вселенной не в килограммах, метрах и секундах а в Планковских единицах массы, длины, времени.

ПЛАНКОВСКАЯ ЧАСТИЦА (МАКСИМОН)

Внутри самого маленького в нашей Вселенной пространственно-временного образования ("контейнера") с Планковскими размерами находится гравитационный положительный заряд, который за Планковское время формирует Планковскую массу покоя с Планковской энергией. Но говорить о самой частице правомерно только начиная с момента прохождения гравитационным зарядом Планковской длины

За самое маленькое во Вселенной время равное Планковскому времени этот заряд может "перескочить" из одного "контейнера" в другой или осциллировать в пределах Планковской длины.

В первом случае получим величину скорости света и безмассовую частицу. Во втором случае получим стабильную покоящуюся Планковскую частицу.

Большинство материальных тел движутся со скоростями большими нуля и меньшими скорости света. Рассмотрим как это происходит на примере Планковской частицы.

Добавим максимону немного энергии "эмвэквадратнадва". Для того, чтобы вписаться в эту энергию ему придётся увеличить частоту/уменьшить длину волны.

«Бедный» гравитационный заряд. Он уже не сможет за Планковское время потратить на осцилляцию все свои возможности.

Consider the value time when the volumetric energy density of the universe was comparable to the Planck energy. State of Universe with only an energy of gravity and the vacuum energy. In this case the energy is calculated based on the assumption of equal volumes for both gravity and vacuum energy.

The energy of gravity is calculated from the formula that determines the mass of the size of the radius of the black hole and the speed of light.

$$E_M = M_u c^2 = K_M \frac{c^4 R}{G}$$

The vacuum energy is calculated by multiplying the amount of space on the density of the vacuum energy

$$E_V = V_u \rho_V = K_V \frac{c^4 R}{G}$$

The ratio of these energies is constant and independent of the physical constants that indicates the constancy of the geometry of space time.

Knowing the value of the ratio of energy to one another, you can determine the value of the cosmological constant.

To further simplify the understanding of the below offer to move to the measurement of the coordinates of the universe is not in kilograms, meters and seconds, and the Planck units of mass, length, time

PLANCK PARTICLE (MAXIMON)

Inside the smallest in our universe of space-time forming ("container") with the Planck units is gravity positive charge, which generates a Planck time Planck rest mass, the Planck energy. But talk about the particle itself legitimately only from the moment of passage of the gravitational charge of the Planck length

For the smallest time in the universe is equal to the Planck time, this charge can "jump" from one "container" to another, or to oscillate within a Planck length.

In the first case we obtain the velocity of light and massless particle. In the second case we obtain a stable resting Planck particle.

Most of the material bodies moving at speeds greater than zero and less than the speed of light. Consider as an example of this occurs at the Planck particle.

Add a bit of energy to Maximon "half of $m v^2$ " In order to fit into this energy it will have to increase frequency / decrease the wavelength.

"Poor" gravitational charge. It will not be able in during Planck time to spend on all of their oscillation features

Образуется разница между Планковской длиной (длиной осцилляции в покое) и длиной осцилляции в новом энергетическом состоянии. Этой длины достаточно для перехода заряда с границы осцилляции в одном «контейнере» до границы осцилляции в другом «контейнере». Если эту величину разделить на Планковское время - получим наблюдательную скорость. Необходимо отметить, что независимо от наблюдательной скорости максимон перемещается на одну Планковскую длину за одно Планковское время. Также невозможна большая плотность чем плотность Максимона для материальной частицы, находящейся в состоянии покоя. Гравитационный радиус максимона равен его Комптоновской длине. Рассмотренные выше свойства максимона относятся к его состоянию в трёх-мерном евклидовом пространстве. Представим единичную Планковскую частицу изолировано. Без соприкосновения с окружающим её гравитационный радиус (комптоновскую длину волны) пространством-временем. В этом случае её состояние записывается в виде

$$ds^2 = \sqrt{\hbar G/c^3}^2 (dx_1^2 + \sin^2 x_1 dx_2^2 + \sin^2 x_1 \sin^2 x_2 dx_3^2) + \sqrt{\hbar c/G}^2 dx_4^2$$

То есть уравнением Фридмана А.А. для нестационарного мира в положительных координатах. Тожественную запись можно получить для частицы минус-максимона. Минус-максимон это частица тождественная максимону во всём кроме знака массы / энергии / координат (пространства-времени). Таким образом за точку с нулевыми значениями всех координат можно принять одновременное ($x_4(0)$) появление в результате флуктуации двух точечных источников.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ МИР

Определимся с физической причиной расширения максимона (Вселенной). В Евклидовом пространстве величина Планковской длины равна гравитационному радиусу и соотносится с величиной Планковского времени через постоянную «с». Одним из предположений Фридмана А.А. является ортогональность времени пространству. На сечении Вселенной по x_1, x_4 видно что при $x_1 = (\pi/2)$ вектор времени ортогонален вектору времени для $x_1 = (0)$. Для $x_1 = (0)$ точка $x_1 = (\pi/2)$ является горизонтом событий а величина $R\pi/2$ радиусом виртуальной чёрной дыры. Т.е. в не Евклидовом пространстве радиус определяется величиной в $\pi/2$ большей чем в Евклидовом пространстве. Соответственно энергия массы в пространстве меньше энергии массы во времени в $\pi^2/4$ раз.

Formed the difference between the sum of the Planck length (the length of the oscillations at rest) and the length of the oscillations in the new energy state. This length is sufficient for the transfer of charge from the boundary of the oscillations in a single "container" to the border of the oscillations in the other "container". If this value divided by Planck time then get a observing speed. It should be noted that regardless of the observed speed maximon moves one Planck length per Planck time. It is also impossible to greater density than the density of Maximon for a material particle in a rest state (speed zero). Gravitational radius is equal to its Compton wavelength for Maximon.

The above properties are for Maximon of its three-dimensional Euclidean space. Imagine a unit Planck particle is isolated. No contact with the outside of the gravitational radius (Compton wavelength) space-time. In this case, her condition can be written as

$$\hbar G \hbar c$$

That is the equation of A. Friedman for the unsteady world in positive coordinates. Identical record can be obtained for a particle called minus maximon. Minus- maximon a particle identical maximon all except the sign of the mass / energy / coordinates (space-time). Thus for a point with zero values of all coordinates can be taken at the equal time ($x_4(0)$) the appearance as a result of fluctuations two pointsources.

PERIODICAL WORLD

Will determine the physical cause of the expansion maximon (the universe). In Euclidean space, the value of the Planck length is equal to the gravitational radius and corresponds to the value of Planck time through the constant "c". One of the assumptions, A. Friedman is an orthogonal space-time. In the cut of the universe for x_1, x_4 shows that $x_1 = (\pi/2)$ the vector of time orthogonal to the vector of time to $x_1 = (0)$. For $x_1 = (0)$, the point $x_1 = (\pi/2)$ is the event horizon and the value of a $R\pi/2$ is radius of the virtual black hole. That is, in non-Euclidean space is determined by the radius of $\pi/2$ greater than in Euclidean space. Accordingly, the energy supply in the space of less than the energy of mass in time $\pi^2/4$ times.

Получившийся дисбаланс энергий даёт начало увеличению координаты x_4 (времени), возрастанию величины R на Планковскую длину за Планковское время. Возрастание значения координаты x_4 при условии неизменности топологии Вселенной означает пропорциональное увеличение x_1, x_2, x_3 , т.е. расширение максимона (Вселенной) продолжается постоянно с указанной скоростью. Осознание того факта что при изменении R x_1, x_2, x_3 также пропорционально изменяются говорит о постоянстве скорости света. Начавшись, процесс расширения заканчивается в бесконечности. Последнее утверждение справедливо в случае если расширению времени / пространства не препятствует энергия среды, в которой происходит расширение, т.е. среда с нулевой энергией.

Предположим, что для нашего мира справедлив закон сохранения энергии. В этом случае с линейным ростом R (количеством Планковских длин) должна возрастать G во второй степени. Здесь нет противоречия с формулами для энергий массы Вселенной и вакуума, так как с линейным ростом количества Планковских длин линейно растёт и величина самой Планковской длины (Планковского времени)

Необходимо отметить что наблюдаемая часть Вселенной ограничена дальностью $R = N_o l_{pl}$. Таким образом можно говорить о количестве наблюдаемой и ненаблюдаемой (тёмной) материи в окружающем нас пространстве времени. Также относительное положение покоящегося по отношению к наблюдателю и горизонту событий материального тела постоянно и не зависит от величины x_4 . Зная расстояние до горизонта, расстояние доступности прямого наблюдения а также учитывая постоянную кривизну пространства нетрудно определить зависимость постоянной Хаббла и величину красного смещения. На сравнительно небольших величина они неплохо коррелируют между собой, однако с ростом расстояния расхождение между ними увеличивается, Это связано с тем, что величина H_r уменьшается от H_o до нуля в интервале $(0, \pi/2)$, а величина $\frac{1}{1+z_r}$ уменьшается от $\frac{1}{1+z_o}$ до нуля в интервале $(0,1)$

Зависимость величин H_r, z_r от положения неподвижного материального тела в момент времени t_o относительно начала координат указана ниже. Для определения реального положения материального тела необходимо вводить поправки на peculiarную скорость и массу наблюдаемого объекта

The resulting imbalance of energy give start to rise to an increase in the coordinates x_4 (time), increasing the value of R at the Planck length per Planck time. Increasing values of the coordinate x_4 , provided the topology of the immutability of the universe implies a proportional increase in x_1, x_2, x_3 , ie expansion maximon (universe) extends continuously to the specified speed. Awareness of the fact that when the R changing x_1, x_2, x_3 is also proportional changing speaks of the constancy of the speed of light. Began the process of expansion ends at infinity. The above statement is true if the extension of time / space does not prevent the energy of the medium in which there is an expansion, ie environment with zero energy.

We assume that our world is just the law of conservation of energy. In this case, a linear increase in R (the number of Planck length) should increase G in the second degree. There is no contradiction with the formulas for the energies of the mass of the universe and the vacuum of universe, since the linear growth of the Planck length increases linearly value of the Planck length (the Planck time)

It should be noted that the observable universe is closed by the range of $R = N_o l_{pl}$. So we can talk about the number of observable and unobservable (dark) matter in the surrounding space-time. Also, the relative position of rest relative to the observer and to the event horizon a material body is constant and does not depend on the value of x_4 . Knowing the distance to the horizon, the distance the availability of direct observation and considering the constant curvature of space is not difficult to determine the dependence of the Hubble constant and the magnitude of the redshift. In the relatively small size they are well correlated with each other, but with increasing distance between them increases the discrepancy, This is due to the fact that the value of H_r is reduced from H_o to zero, in the interval $(0, \pi/2)$, and unit $\frac{1}{1+z_r}$ decreases from $\frac{1}{1+z_o}$ to zero in the interval $(0,1)$. The dependence of H_r, z_r on the position of the fixed material body at a time t_o to the origin of coordinates listed below. To determine the actual state of the material body is necessary to introduce corrections for the peculiar velocity and the mass of the observed object

ASTRONOMICAL

$$H_r = \frac{\cos \alpha}{t_o} \quad \alpha = \frac{r}{ct_o} \{\text{radian}\} \quad r \left(\mathbf{0}, \frac{\pi ct_o}{2} \right) \{\text{light years}\}$$

$$Z_r + 1 = \frac{ct_o - (ct_o - r) \cos \alpha}{(ct_o - r) \sin \alpha} \quad \alpha = \frac{r}{ct_o} \{\text{radian}\} \quad r \left(\mathbf{0}, ct_o \right) \{\text{light years}\}$$

ACKNOWLEDGMENTS

I want to thank all familiar and anonymous people for their assistance and helpful comments

REFERENCES

de Sitter, W. (1917), Proc. Akad. Wetensch. Amsterdam, 19, 1217

Dirac, P. A. M. (1928). "The Quantum Theory of the Electron"

Einstein, A. (1905). "Zur Elektrodynamik bewegter Körper". Annalen der Physik 17 (10): 891–921

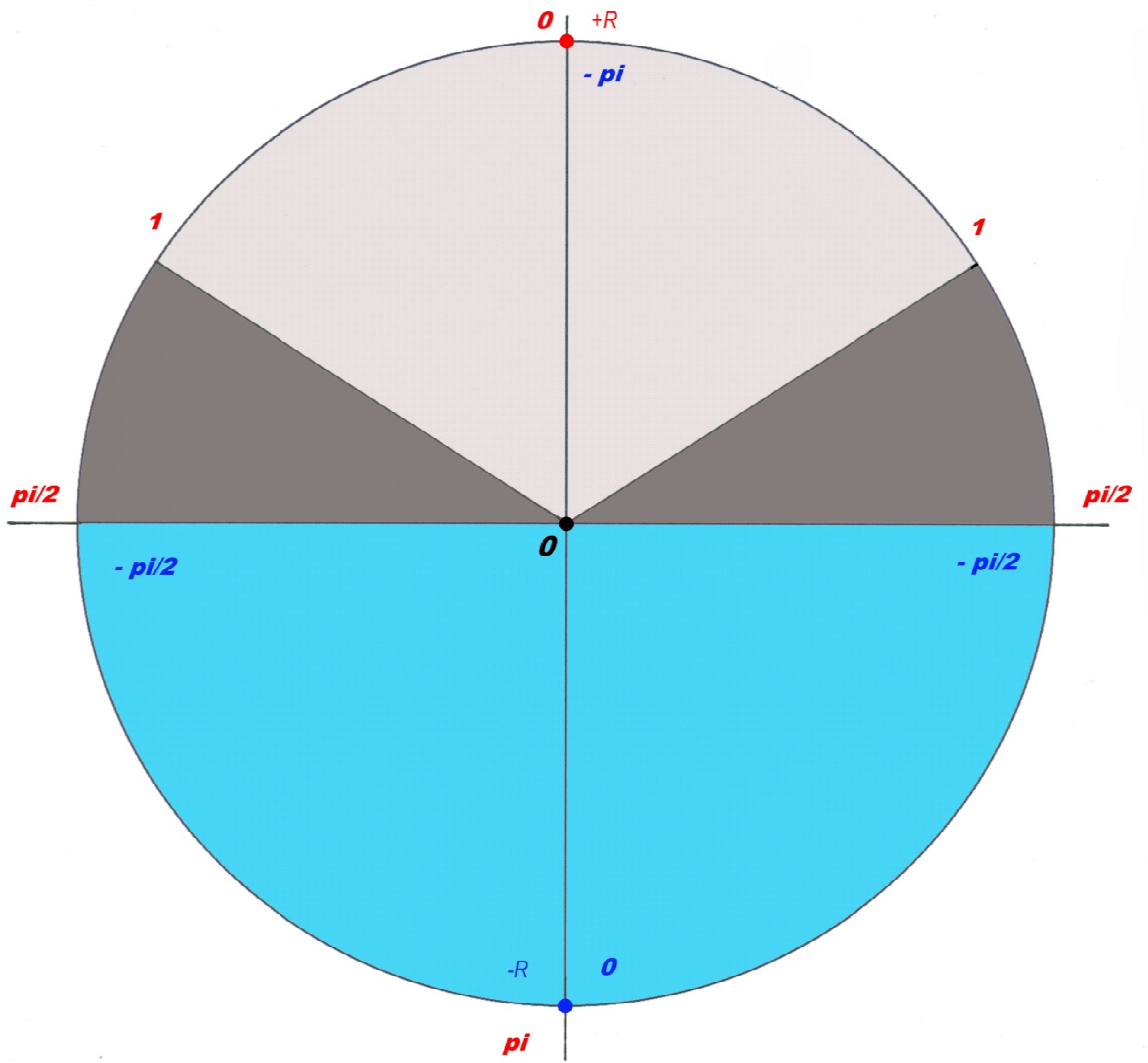
Friedman, A. (1922). "Über die Krümmung des Raumes". Zeitschrift für Physik 10 (1): 377–386

Heisenberg, W. (1925). "Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen". Zeitschrift für Physik 33 (1): 879–893

NASA's LAMBDA @ HEASARC, (2008) http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/map/dr3/parameters_summary.cfm

Plank, M. (1900) Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum. Verhandl. Dtsch. phys. Ges. 2, S. 237–245

Schwarzschild, K. (1916) «Über das Gravitationsfeld einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit». Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften 1



b_1

