

# The Universal Arrow of Time III: Gravitation theory.

Kupervasser Oleg

## Abstract

The paper is dealing with the analysis of general relativity theory (theory of gravitation) from the point of view of thermodynamic time arrow. Within this framework «informational paradox» for black holes and «paradox with the grandfather» for time travel "wormholes" are resolved.

## 1. Introduction.

In paper we consider thermodynamic time arrow [1-2] (defined by a direction of the entropy increase) within the limits of not quantum relativistic gravitation theory. In the classical Hamilton mechanics any initial and final states are possible. Besides, between them there is a one-to-one correspondence. In relativistic theory of gravitation a situation is other. There are topological singularities of space which make possible a situation when for *finite* time different initial states give an identical final state. It is a collapse of black holes. On the other hand, having considered inverse process in time - white holes, we receive a situation when a single initial state can give a set of different final states for *finite* time. There are also situations of other sort - when not arbitrary initial states are possible. It is a case of "wormholes" through which it is possible to travel in the past. Thus there is necessary of self-consistency between the past and the future, making impossible some initial states. Black Holes lead to informational paradox, and "wormholes" - to «to paradox with the grandfather». Analysis of these situations with a point of view of thermodynamical time arrow and resolution of the defined above paradoxes are a topic of this paper.

## 2. Black Hole

In the modern cosmological models there are additional appearances, except the appearances already featured in the classical mechanics. In Einstein's relativity theory as well as in classical mechanics the motion is reversible. But there is also an important difference from the classical mechanics. It is *ambiguity* of a solution of an initial value problem: deriving a final state of a system from the complete set of initial and boundary conditions can give not single solution or no solution. In general relativity theory, unlike the classical mechanics, two various states for *finite* time can give infinitesimally close states. It happens at formation of a black hole as a result of a collapse. Hence, formation of the black hole goes with its entropy increase.

Let's consider an inverse process featuring a white hole. In this process infinitesimally close initial states for *finite* time can give different terminating states. Time reversion leads to appearing white hole and results in entropy decrease. The white hole can not exist in a reality because of the same reasons that processes with entropy decrease are impossible in the classical mechanics.

However its instability is much stronger than instability in the classical mechanics. It has finite value already with respect to *infinitesimally small* perturbations. As consequence there are alignment of thermodynamic time arrows between the white hole and the observer/environment. The white hole transforms to a black hole for the observer. It means that the observer/environment even *infinitesimally weakly* interacting with the white hole can affect

considerably its evolution for finite time. Thus the gravitational interaction of the observer/environment with the white hole is always distinct from zero.

Here there is a well-known informational paradox [3]: the collapse leads to losses of the information in the Black Hole. It, in turn, results in incompleteness of our knowledge of a state of system and, hence, to unpredictability of dynamics of system, including Black Hole. The information, which in the classical mechanics always conserves, in a black hole disappears for ever. Is it really so? Or, probably, it is stored in some form inside of a black hole? Usually only two answers to this problem are considered: Or the information really vanishes completely; or the information is stored inside and can be extracted by some way. But, most likely, the third answer is true. Because of inevitable influence of the observer/environment it is impossible to distinguish these two situations experimentally in principle! And if it is impossible to verify something experimentally, it can not be a topic for the science.

Actually, suppose that the information is stored in a black hole. Whether is it possible to resolve informational paradox and to extract this information from it? Perhaps, we can reverse a collapsed black hole, to convert it into a white hole and to extract the disappeared information? It would seem impossibility. But recently there appeared an interesting paper, which though and not directly, but allows to make it [4]. There is proved, that a black hole is completely equivalent to an entry to the channel, pairing two Universes. The entry of this channel is similar to the black hole, and an exit is similar to the white hole. This white hole can be considered, in some sense, as the reversed black hole. But to verify that the information does not disappear, we should come into the second Universe. To do it we suppose, that there is some "wormhole" which connects these two Universes. Let the observer can pass it and observe the white hole. But even if it happens, we know that the white hole is extremely unstable with respect to any observation. Attempt to observe it will result in its transformation into a black hole. It will close any possibility to verify, that the information is stored. Hence, both solutions of informational paradox are really equivalent and observationally are not distinguishable.

This property of nonreversible information losses results in fact that the entropy increase law turns to be an exact law of the nature within framework of the gravitational theory. Really, there is such new fundamental value, as entropy of a black hole. It distinguishes gravitational theory from classical mechanics where the law entropy increase law has only approximate character (FAPP, for all practical purposes).

The accelerated expansion of the Universe results in the same effect of nonreversible information losses: there are unobservable fields, whence we are not reached even by light. Hence, these fields are unobservable, and the information stored in them is lost. It again results in unpredictability of relativistic dynamics.

### **3. Time wormhole**

Let's consider from the point of view of the entropy such paradoxical object of general relativity theory, as time "wormhole" [5]. We will consider at the beginning the most popular variant, offered by Morris and Thorne [6]. Let we have space wormhole with the extremities laying nearby. By very simple procedure (we will ship one of the extremities on a spaceship, we will move it with a velocity close to light, and then we will return this extremity on the former place) space wormhole can be converted into time wormhole (wormhole traversing space into one traversing time). It can be used as a time machine. Such wormhole demands the special exotic matter necessary for conserving its equilibrium. However there were models of a time machine which allow to be bypassed absolutely without exotic substance [7, 9]. Or, using an electromagnetic field, allow to be bypassed by its small amount [8]. Use of such time machine can lead to well-known «paradox of the grandfather» when the grandson, being returned in the past, kills his grandfather. How this paradox can be resolved?

From the physical point of view, the paradox of the grandfather means, what not all initial states which exist before time machine formation are realizable. Introducing the additional

feedback between the future and the past a time wormhole makes their impossible. Hence, we or should explain nonrealizability such initial states. Or suppose, that time "wormhole" is unstable, like a white hole, and easily changes.

Curiously enough, but both explanations are true. However for macroscopic wormholes the first explanation has priority. Really, it would be desirable very much to have a macroscopic topology of the space to be stable. Constrains on initial states appears from entropy increase law and the correspondent alignment of thermodynamic time arrows, related to instability of states with opposite directions of these time arrows [1-2]. But macroscopic laws of thermodynamics are probability. For very small number of cases they are not correct (large-scale fluctuations). Both for these situations, and for microscopic wormholes where the concept of a thermodynamic time arrows and thermodynamics laws are not applicable, priority has the second explanation. It is related to extremal instability of the topology, which is defined by the time machine [9]. We discussed above such type of extremal instability for white holes. For macroscopic wormholes the solution can be discovered by means of the entropy increase law. It is ensured by instability of processes with the entropy decrease with respect to the Universe. This instability results in alignment of thermodynamic time arrows.

Really, space wormhole does not lead to paradox. The objects immersed by its one extremity, go out other extremity during later time. Thus, the objects from more ordered and low entropy past hit in less ordered and high entropy future. During a motion through the wormhole the entropy of the travelling objects also increases: they transfer from more ordered state in less ordered one. Thus, time arrow of the object, travelling inside of the wormhole, and time arrow of the world around the wormhole have the same directions. It is also true for travelling through the time wormhole from the past to the future.

However for travelling from the future to the past of the time arrow directions of the traveler into the wormhole and world around the wormhole will be already opposite [10, 11-13]. Really, the object travels from less ordered future to the more ordered past, but his entropy increases, instead of decreases! Hence, thermodynamic time arrows of the Universe and the traveler have opposite directions. Such process, at which entropies of the traveler decreases concerning the Universe, are unstable [1-2]. Hence, «memory about the past» of the traveler will be destroyed (and, may be, he will be destroyed completely), that will not allow him «to kill the grandfather».

Which mechanism at travelling in the wormhole ensures alignment of thermodynamic time arrows of the traveler and the Universe? Both extremities of "wormhole" it is the large bodies having finite temperature. Both extremities under the second thermodynamics laws inevitably should radiate light which partially hits to the wormhole. Already at the moment of "time machine" formation (transformation of the space wormhole into the time one) between its extremities there is a closed light ray. Every time when the ray features a circle, it is more and more biased to a violet part of the spectrum. Transiting a circle behind circle, rays are lost by the focal point, therefore energy does not amplify and it does not become infinite. Violet bias means, that the history of a particle of light is finite and defined by its coordinate time, despite the infinite number of circles [14]. This and other rays of light in wormhole fluctuate. They also have a direction of its thermodynamic time arrow coinciding with a thermodynamic time arrow of the Universe. Thanks to inevitable interaction with this radiation very unstable state of the traveler destroys. The state of the traveler is unstable because his thermodynamic time arrow is opposite to the Universe thermodynamic time arrows. The resulting destruction is enough to prevent the paradox of the grandfather.

"Free will" allows us to initiate freely only irreversible processes with the entropy increase, but not with its decrease. Thus, we cannot send a object from the future to the past. Process of alignment of thermodynamic time arrows and the correspondent entropy increase law forbids *the initial conditions* necessary for travelling of the macroscopic object to the past and resulting in "paradox of the grandfather".

In paper [10] it is strictly mathematically proved, that the thermodynamic time arrow cannot have identical orientation with the coordinate time arrow during all travel over closed timelike

curve. Process of alignment of thermodynamic time arrows (related to instability of processes with entropy decrease) is such *physical mechanism* which actually ensures performance of the entropy increase law.

Macroscopic laws of thermodynamics are probabilistic. For very small number of cases they do not work (large-scale fluctuations). Both for these situations and for microscopic systems where thermodynamics laws are not applicable, the other explanation of the grandfather paradox have priority. In this case the time wormhole, like a white hole, appears unstable even with respect to infinitesimally weak perturbations from gravitation of travelling object. It can result in its fracture and prevention of the paradoxes, as is proved strictly in [9]. What are outcomes of reorganization of the space-time topology after fracture of the time wormhole? The author of [9] writes:

«As we argue ... non-uniqueness does not let the time travel paradoxes into general relativity — whatever happens in a causal region, a space-time always can evolve so that to avoid any paradoxes (at the sacrifice of the time machine at a pinch). The resulting space-times sometimes ... curiously remind one of the many-world pictures».

Let's formulate a final conclusion: *for macroscopic processes* instability of processes with the entropy decrease and correspondent alignment of thermodynamic time arrows makes almost impossible existence of initial conditions that allow travel to the past. Thereby it prevents both wormholes fracture and traveling of macroscopic bodies in the past leading to "paradox of the grandfather".

For very improbable situations of macroscopic wormholes and for microscopic wormholes the wormhole fracture must occur. This fracture is result of remarkable property of general relativity theory - extremal instability: infinitesimal external action (for example, gravitation from traveler) can produce wormhole fracture for finite time!

## 4. Conclusions.

Let's summarize above. Observation process should be taken into account inevitably during considering any physical process. We must transform from ideal dynamics over coordinate time arrow to observable dynamics with respect to thermodynamical time arrow of observer. It allows us to exclude all unobservable in the reality phenomena, leading to paradoxes. Thus it is necessary to consider following things. The observer inevitably is a nonequilibrium macroscopic chaotic body with the thermodynamic time arrow defined by his entropy increase direction. He yields all measurements with respect to this thermodynamic time arrow. Dynamics of bodies with respect to this thermodynamic time arrow is named as observable dynamics. It differs from ideal dynamics, with respect to the coordinate time arrow. All bodies are featured in observable dynamics in macroparameters, unlike the ideal dynamics using microparameters. The coordinate does not exist at thermodynamic equilibrium. It can change the direction and is not coincide with the coordinate time arrow of the ideal dynamics. Always there is a small interaction between the observer and observable system. It leads to alignment of thermodynamic time arrows of the observer and the observable systems.

We can see misterious situation. The same reasons which have allowed us to resolve paradoxes of wave packet reduction in quantum mechanics, paradoxes Loshmidt and Poincare in the classical mechanics allow to resolve informational paradox of black holes and the paradox of the grandfather for time wormholes. Remarkable universality!

## Acknowledgment

We thank Hrvoje Nikolic и Vinko Zlatic for discussions и debates which help very much during writing this paper.

## Bibliography

1. Oleg Kupervasser, Hrvoje Nikolic, Vinko Zlatic “The Universal Arrow of Time” arXiv:1011.4173
2. Oleg Kupervasser “The Universal Arrow of Time II: Quantum mechanics case” arXiv:1106.6160
3. Preskill, John (1992), *Do black holes destroy information?*, arXiv:hep-th/9209058
4. Nikodem J. Popławski «Radial motion into an Einstein–Rosen bridge» *Physics Letters B* 687 (2010) 110–113
5. Joaquin P. Noyola, *Relativity and Wormholes*, Department of Physics, University of Texas at Arlington, Arlington, TX 76019, (2006)  
[http://www.uta.edu/physics/main/resources/ug\\_seminars/papers/RelativityandWormholes.doc](http://www.uta.edu/physics/main/resources/ug_seminars/papers/RelativityandWormholes.doc)
6. M. Morris, and K. Thorne, *Am. J. Phys.* **56** (4), (1988).
7. Amos Ori, A new time-machine model with compact vacuum core, *Phys Rev Lett*, 95, 021101 (2005)
8. I.D. Novikov, N.S. Kardashev, A.A. Shatskii *Physics-Uspekhi*, V. 177, N 9, P.1017, (2007)
9. S. V. Krasnikov, The time travel paradox, *Phys.Rev. D*65 (2002) ,  
<http://arxiv.org/abs/gr-qc/0109029>
10. Hrvoje Nikolic, CAUSAL PARADOXES: A CONFLICT BETWEEN RELATIVITY AND THE ARROW OF TIME,*Foundations of Physics Letters*, Volume 19, Number 3, June 2006, p. 259-267(9)
11. H.D. Zeh, *The Physical Basis of the Direction of Time* (Springer, Heidelberg, 2007).
12. H. D. Zeh Remarks on the Compatibility of Opposite Arrows of Time *Entropy* 2005, 7(4), 199-207
13. H. D. Zeh Remarks on the Compatibility of Opposite Arrows of Time II *Entropy* 2006, 8[2], 44-49
14. Hawking S.W., Thorne K.S., Novikov I., Ferris T., Lightman A., Price R. “The future of Spacetime”, California, Institute of Technology (2002)

# Универсальная стрела времени III: Гравитационная теория.

Купервассер О.Ю.

## Аннотация.

Статья посвящена анализу общей теории относительности (гравитации) с точки зрения термодинамической стрелы времени. В рамках этого рассмотрения разрешены «информационный парадокс» для черных дыр и «парадокс с дедушкой» для временных «червоточин».

## Введение

В статье мы рассмотрим термодинамическую стрелу времени [1-2] (определяемую направлением роста энтропии) в рамках некантовой релятивистской теории гравитации. В классической гамильтоновой механике любые начальные и конечные состояния возможны. Кроме того, между ними существует взаимно-однозначное соответствие. В релятивистской теории гравитации ситуация иная. Имеются топологические особенности пространства, которые делают возможной ситуацию, когда за *конечное* время разные начальные состояния дают одинаковое конечное состояние. Это коллапс черных дыр. С другой стороны, рассмотрев обратный во времени процесс – белые дыры, мы получим ситуацию, когда одному начальному состоянию за *конечное* время соответствуют разные конечные состояния. Имеются и ситуации другого сорта – когда не любые начальные состояния возможны. Это случай «червоточин», через которые возможно путешествия в прошлое. При этом становится необходимым дополнительное само-согласование прошлого и будущего, делающее невозможными некоторые начальные состояния. Черные Дыры приводят к информационному парадоксу, а «червоточины» - к «парадоксу с дедушкой». Рассмотрению этих особых ситуаций релятивистской теории гравитации с точки зрения термодинамической стрелы времени и разрешению связанных с ними парадоксов посвящена данная статья.

## 1. Черные дыры

В современных космологических моделях есть дополнительные явления, кроме явлений, уже описанных в классической механике. В общей теории относительности Эйнштейна движение так же, как и в классической механике обратимо. Но имеется и важное отличие от классической механики. Это *неоднозначность* решения задачи Коши: получения конечного состояния системы из полного набора начальных и граничных условий. В общей теории относительности, в отличие от классической механики, два различных состояния за *конечное* время могут дать бесконечно близкие состояния. Это происходит при образовании черной дыры в результате коллапса. Следовательно, образование черной дыры идет с увеличением энтропии.

Рассмотрим обратный процесс, описывающий белую дыру. В этом процессе бесконечно близкие начальные состояния за *конечное* время могут дать разные конечные состояния. Обращение времени приводит к появлению белой дыры и ведет к уменьшению энтропии. Белая дыра не может существовать в реальности по тем же причинам, что невозможны процессы с уменьшением энтропии в классической механике. Однако, ее неустойчивость намного более сильная, чем в классической механике. Она возникает уже

по отношению к *бесконечно* малым возмущениям. Как следствие возникает синхронизации собственных стрел времени белой дыры и наблюдателя/окружения. Белая дыра превращается для наблюдателя в черную дыру.

Это означает, что наблюдатель/окружение, даже бесконечно слабо взаимодействующий с белой дырой может значительно повлиять на ее эволюцию за конечное время. При этом гравитационное взаимодействие наблюдателя/окружения с белой дырой всегда отлично от нуля.

Здесь возникает знаменитый информационный парадокс [3]: Коллапс приводит к потере информации в Черной Дыре. Это, в свою очередь, ведёт к неполноте нашего знания о состоянии системы и, следовательно, к непредсказуемости динамики системы, ее включающей. Информация, которая в классической механике всегда сохраняется, в черной дыре исчезает навсегда. Так ли это? Или, возможно, внутри черной дыры она хранится в какой-либо форме? Обычно рассматривают только два ответа на этот вопрос. Либо информация действительно пропадает бесследно; либо информация сохраняется внутри нее и может быть каким-то путем извлечена. Но, скорее всего, верным является третий ответ. Из-за неизбежного влияния наблюдателя/окружения экспериментально различить эти две ситуации просто невозможно! А что нельзя проверить экспериментально, не должно являться предметом науки и обсуждения.

На самом деле, предположим, что информация сохраняется внутри черной дыры. Можно ли разрешить информационный парадокс и извлечь эту информацию из нее? Может быть, мы можем обратить каким-либо образом сколлапсировавшую черную дыру, превратить ее в белую дыру, и извлечь исчезнувшую информацию? Казалось бы, это невозможно. Но недавно появилась интересная работа, которая, хоть и не напрямую, но позволяет сделать это [4]. В ней доказывается, что черная дыра полностью эквивалентна входу в канал, соединяющий две Вселенные. Причем вход этого канала подобен черной дыре, а выход белой. Эта белая дыра и может рассматриваться, в некотором смысле как обращенная черная дыра. Но для того, чтобы убедиться, что информация не исчезает, мы должны проникнуть во вторую Вселенную. Предположим, что существует некая «червоточина», которая соединяет две Вселенные. Пусть наблюдатель может проникнуть через нее и пронаблюдать за белой дырой. Но даже если это случится, мы знаем, что белая дыра неустойчива по отношению к наблюдению. Попытка ее наблюдения приведет к её превращению в черную дыру. Это закрывает всякую возможность подтвердить, что информация сохраняется. Следовательно, оба решения информационного парадокса действительно равноправны и экспериментально не различимы.

Это свойство необратимой потери информации приводит к тому, что закон возрастания энтропии превращается в точный закон природы в рамках гравитационной теории. Действительно, появляется такая новая фундаментальная величина, как энтропия черной дыры. Это отличает гравитационную теорию от классической механики, где закон возрастания энтропии носит лишь приближенный характер (FAPP, для всех практических целей).

Тот же эффект необратимой потери информации имеет и ускоренное расширение Вселенной – появляются ненаблюдаемые области, откуда до нас не доходит даже свет. Следовательно, они ненаблюдаемые, и содержащаяся в них информация потеряна. Это опять ведет к непредсказуемости релятивистской динамики.

## 2. Временная червоточина.

Рассмотрим с точки зрения энтропии и такой парадоксальный объект общей теории относительности, как временная «червоточина» (кротовая нора) [5]. Рассмотрим вначале ее наиболее популярный вариант, предложенный Моррисом и Торном [6]. Пусть у нас имеется пространственная кротовая нора с лежащими рядом концами. Путем очень простой процедуры (погрузим одного из концов на космический корабль, обеспечим его

движение со скоростью сравнимой со световой, а затем вернем этот конец на прежнее место) пространственная кротовая нора может быть преобразована во временную (wormhole traversing space into one traversing time). Она может быть использована как машина времени. Подобная кротовая нора требует особого экзотического вещества, необходимого для поддержания ее равновесия. Однако есть модели машины времени, которые или позволяют обойтись совсем без экзотического вещества [7, 9]. Или же, используя электромагнитное поле, позволяют обойтись его малым количеством [8]. Использование этой машины времени может приводить к знаменитому «парадоксу дедушки», когда внук, возвращаясь в прошлое, убивает своего дедушку. Как же может быть разрешен этот парадокс?

С физической точки зрения, парадокс дедушки означает, что не все начальные состояния, которые существуют до образования машины времени осуществимы. Дополнительная обратная связь между будущим и прошлым через временную червоточину делает их невозможными. Следовательно, мы либо должны объяснить нереализуемость таких начальных состояний, либо допустить, что временная «червоточина» неустойчива, наподобие белой дыры, и легко разрушается.

Как ни странно, оба объяснения в принципе верны. Однако для макроскопических червоточин приоритетным является первое объяснение. Действительно, очень хотелось бы иметь макроскопическую топологию пространства стабильной. Ограничение на начальные состояния при этом связано с законом роста энтропии и синхронизацией термодинамических стрел времени, связанной с неустойчивостью состояний с разной направленностью этих временных стрел [1-2]. Макроскопические законы термодинамики вероятностны. Для очень небольшого числа случаев они не действуют (крупномасштабные флуктуации). Как для этих ситуаций, так и для микроскопических червоточин, где понятие термодинамической стрелы времени и законы термодинамики не применимы, приоритетным оказывается второе объяснение. Оно связано с экстремальной неустойчивостью топологии, определяемой машиной времени [9], аналогичной неустойчивости белой дыры. Для макроскопических кротовых нор разрешение может быть найдено с помощью закона возрастания энтропии, обеспечиваемого неустойчивостью процессов с убыванием энтропии относительно Вселенной и вытекающей из этого синхронизацией термодинамических стрел времени.

Действительно, пространственная кротовая дыра не приводит к парадоксу. Объекты, поглощенные ее одним концом, выходят из другого конца в более позднее время. Таким образом, объекты из более упорядоченного низкоэнтропийного прошлого попадают в менее упорядоченное высокоэнтропийное будущее. При движении вдоль кротовой норы энтропия путешествующих объектов также растет: они переходят из более упорядоченного состояния в менее упорядоченное. Таким образом, собственные стрелы времени путешествующего в кротовой норе объекта и окружающего мира сонаправлены. То же верно для путешествия по временной кротовой норе из прошлого в будущее.

Однако для путешествия из будущего в прошлое стрелы времени путешественника в кротовой норе и окружающего мира будут уже противоположны [10, 11-13]. Действительно, сам объект путешествует из менее упорядоченного будущего в более упорядоченное прошлое, но при этом его собственная энтропия растет, а не убывает! Следовательно, термодинамические стрелы времени Вселенной и путешественника разнонаправлены. Такой процесс, при котором энтропии путешественника убывает относительно Вселенной, неустойчив [1-2]. Следовательно, «память о прошлом» путешественника (а, может, и он сам полностью) будет разрушена, что не позволит ему «убить дедушку».

Какой именно механизм при путешествии в кротовой норе обеспечивает синхронизацию стрел времени путешественника и Вселенной? Оба конца «червоточины» это массивные тела, имеющие конечную температуру. Оба эти конца по законам термодинамики неизбежно должны излучать свет, который частично попадает и в



кротовую нору. Уже в момент образования «машины времени» (преобразования пространственной червоточины во временную) между ее концами появляется замкнутый световой луч. Всякий раз, когда луч описывает окружность, он все больше смещается к фиолетовой части спектра. Проходя круг за кругом, лучи теряют фокус, поэтому энергия не усиливается и не становится бесконечной. Фиолетовое смещение означает, что история частицы света конечна и определена ее собственным координатным временем, несмотря на бесконечное число кругов [14]. Этот и иные потоки света в кротовой норе флюктуируют и имеют направление термодинамической стрелы времени, совпадающего с термодинамической стрелой времени Вселенной. Благодаря неизбежному взаимодействию с этим излучением разрушается очень неустойчивое состояние путешественника, имеющего обратное по отношению к Вселенной направление собственного термодинамического времени. Это разрушение происходит до степени, достаточной для предотвращения парадокса дедушки.

«Свобода воли» позволяет нам свободно инициировать лишь устойчивые процессы с ростом энтропии, но не с ее убыванием. Таким образом, мы не сможем послать объект из будущего в прошлое. Процесс синхронизации стрел времени и вытекающий из него закон роста энтропии запрещает *начальные условия*, необходимые для путешествия макроскопических объектов в прошлое и реализацию «парадокса дедушки».

В работе [10] строго математически доказывается, что собственная термодинамическая стрела времени не может все время иметь одинаковую ориентацию с собственной координатной стрелой времени при путешествии по замкнутой временноподобной траектории (closed timelike curve). Процесс синхронизации стрел времени (связанный с неустойчивостью процессов с убыванием энтропии) является тем самым *физическим механизмом*, который фактически обеспечивает выполнение закона роста энтропии.

Макроскопические законы термодинамики вероятностны. Для очень небольшого числа случаев они не действуют (крупномасштабные флюктуации). Как для этих ситуаций, так и для микроскопических систем, где законы термодинамики не применимы, приоритетным оказывается другое объяснение парадокса дедушки. Существуют два процесса: весь Космос и объект, путешествующий по червоточине из будущего Космоса в его прошлое. При этом временная червоточина, подобно белой дыре, оказывается неустойчивой даже по отношению к бесконечно малым возмущениям от гравитации путешествующего объекта, что может привести к ее разрушению и предотвращению парадоксов, что и доказывается строго в [9]. Каковы результаты перестройки топологии пространства-времени после разрушения временной червоточины? Автор [9] пишет:

«Как мы объясняли ... неоднозначность, не позволяет существование парадоксов путешествия во времени в общей теории относительности - независимо от того, что произошло бы в причинной области, пространство-время всегда может развиваться так, чтобы избежать любых парадоксов (жертвую машиной времени, в крайнем случае). Получающееся при этом пространство-время иногда ... любопытно напоминает одну из много-мировых картин.»

Следует отметить, что с точки зрения внешнего реального макроскопического наблюдателя ситуация, когда путешественник погиб в червоточине или попал в «иной мир», экспериментально неотличимы. Это эквивалентно ситуации, когда путешественник падает в черную дыру: нам не известно будет ли он раздавлен в сингулярности или попадет в «иной мир» через белую дыру. (Хотя для самого путешественника эта разница наблюдаема и существенна. Но он унесет свои все эти свои наблюдения с собой в «иной мир».)

Сформулируем окончательный вывод: для макроскопических процессов неустойчивость процессов с убыванием энтропии и сопутствующая ей синхронизация стрел времени в подавляющем числе случаев делает невозможным появление начальных условий несовместимых с существованием заданных червоточин. Тем самым предотвращается как

их разрушение, так и путешествия по ним макроскопических тел в прошлое, приводящее к «парадоксу дедушки».

Для очень маловероятных ситуаций в случае макрообъектов и для микроскопических систем может реализоваться уже ранее отмеченное замечательное свойство экстремальной неустойчивости общей теории относительности: бесконечно малое внешнее воздействие может повлечь разрушение червоточины за конечное время!

## Выводы.

Подведем общие итоги. Процесс наблюдения должен неизбежно учитываться при рассмотрении всех физических процессов, чтобы исключить появление ненаблюдаемых в реальности явлений, приводящих к парадоксам. При этом нужно учитывать следующие вещи. Наблюдатель неизбежно является неравновесным макроскопическим хаотическим телом с термодинамической стрелой времени, определяемой направлением роста энтропии. Все измерения он производит относительно этой временной стрелы времени. Динамика тел, относительно этой стрелы времени называется наблюдаемой динамикой и отличается от идеальной динамики, относительно координатной стрелой времени. Все тела описываются в наблюдаемой динамике макропараметрами, в отличие от идеальной динамики, использующей микропараметры. Термодинамическая стрела времени не существует при термодинамическом равновесии. Она может менять свое направление и не совпадать с координатной стрелой времени идеальной динамики. Всегда существует малое взаимодействие между наблюдателем и наблюдаемой системой. Оно приводит к синхронизации термодинамических стрел времени наблюдателя и наблюдаемой системы.

Мы видим необыкновенную вещь. Все эти соображения, которые нам позволили разрешить парадокс редукции в квантовой механике, парадоксы Лошмидта (Loshmidt) и Пуанкаре в классической механике позволяют разрешить информационный парадокс черных дыр и парадокс дедушки для временных кротовых нор. Замечательная универсальность!

## Благодарности

Я благодарю Hrvoje Nikolic и Vinko Zlatic за обсуждения и дискуссии, которые очень помогли при написании этой статьи.

## Библиография

1. Oleg Kupervasser, Hrvoje Nikolic, Vinko Zlatic “The Universal Arrow of Time” arXiv:1011.4173
2. Oleg Kupervasser “The Universal Arrow of Time II: Quantum mechanics case” arXiv::1106.6160
3. Preskill, John (1992), *Do black holes destroy information?*, arXiv:hep-th/9209058
4. Nikodem J. Popławski «Radial motion into an Einstein–Rosen bridge» *Physics Letters B* 687 (2010) 110–113
5. Joaquin P. Noyola, *Relativity and Wormholes*, Department of Physics, University of Texas at Arlington, Arlington, TX 76019, (2006)  
[http://www.uta.edu/physics/main/resources/ug\\_seminars/papers/RelativityandWormholes.doc](http://www.uta.edu/physics/main/resources/ug_seminars/papers/RelativityandWormholes.doc)
6. M. Morris, and K. Thorne, *Am. J. Phys.* 56 (4), (1988).
7. Amos Ori, *A new time-machine model with compact vacuum core*, *Phys Rev Lett*, 95, 021101 (2005)

8. I.D. Novikov, N.S. Kardashev, A.A. Shatskii *Physics-Uspekhi*, V. 177, N 9, P.1017, (2007)
9. S. V. Krasnikov, The time travel paradox, *Phys.Rev. D65* (2002) ,  
<http://arxiv.org/abs/gr-qc/0109029>
10. Hrvoje Nikolic, CAUSAL PARADOXES: A CONFLICT BETWEEN RELATIVITY AND THE ARROW OF TIME, *Foundations of Physics Letters*, Volume 19, Number 3, June 2006, p. 259-267(9)
11. H.D. Zeh, *The Physical Basis of the Direction of Time* (Springer, Heidelberg, 2007).
12. H. D. Zeh Remarks on the Compatibility of Opposite Arrows of Time *Entropy* 2005, 7(4), 199-207
13. H. D. Zeh Remarks on the Compatibility of Opposite Arrows of Time II *Entropy* 2006, 8[2], 44-49
14. Hawking S.W., Thorne K.S., Novikov I., Ferris T., Lightman A., Price R. "The future of Spacetime", California, Institute of Technology (2002)