

# ***СТИВЕН ХОКИНГ: ГЕНИЙ ПОНЕВОЛЕ***

Ю.П. Степановский  
ФИЗФАК ХНУ, ИТФ ННЦ ХФТИ



1979, Принстон, Нью Джерси

**В 2009 г. Стивен Хокинг оставил  
Лукасовскую кафедру  
Кембриджского университета,  
которую с 1669 г. по 1702 г. занимал  
Исаак Ньютон. Хокинг занимал эту  
кафедру с 1979 г.**



2014, с Эдди Редмэйном



NON COGITANT, ERGO NON SUNT!

# УНИВЕРСИТЕТЫ

НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ

*Quidam enim ego  
Sedens dum scribis!  
Post suadendam  
Post molestam  
Nis habebit  
Vivat Reader  
Vivant profes  
Vivat mem  
Semper sint  
Vivunt omnes  
Angelus, for  
Vivunt et*

НАУЧНО-  
ПОПУЛЯРНЫЙ  
ЖУРНАЛ  
№ 1  
2002



Михаил Иванович Хрущев. 1906. 1901. Дос. обр. Д. Ф.

## ПАМЯТИ

Ивану Евгеньевичу Таранову

Кагановский А. С.

«Просвещенья дух...»

Таранов И. Е.

Обращение к читателю

## ПОИСКИ,

нахождения, решения

Зайцев Б. П., Мигаль Б. К.

Доинициальный период и история  
денежного обращения

Лушичко Д. Ф.

Человечество прикоснулось к астероиду?

Ю. П. Степановский

# СТИВЕН ХОКИНГ

## Ньютон XX века



Стивен Хокинг

*Как сказал Джонсон, если Вы знаете, что завтра утром Вас повесят, это помогает Вам хорошо сосредоточиться. И он (Стивен) действительно сосредоточился на своей работе так, как, я думаю, не смог бы сосредоточиться в противном случае... Нет, нет, я не могу назвать такую болезнь удачей. Но для него это было меньшей бедой, чем было бы для многих других людей.*

*Изобель Хокинг (мать Стивена Хокинга) о сыне*



# ЛИЧНОСТИ

A black and white portrait of Elizabeth Taylor, looking slightly to the side with a soft expression. She is holding a large, light-colored flower near her face. The background is dark, and the lighting highlights her features.

№3 (43) 2012

ЭЛИЗАБЕТ  
ТЕЙЛОР  
МИГЕЛЬ ДЕ  
СЕРВАНТЕС  
СТИВЕН  
ХОКИНГ  
АЛЕКСАНДРА  
КОЛЛОНТАЙ  
КОРОЛЕВА  
ВИКТОРИЯ  
АЛЕКСАНДР  
МЕНЬ




ЮРИЙ СТЕПАНОВСКИЙ

# СТИВЕН ХОКИНГ: ГЕНИЙ ПОНЕВОЛЕ

S. Hawking



ТЕПЕРЬ Я ОПРЕДЕЛЕННО СЧАСТЛИВЕЕ. РАНЬШЕ  
ЖИЗНЬ КАЗАЛАСЬ МНЕ СКУЧНОЙ. НО ПЕРСПЕКТИ-  
ВА УМЕРЕТЬ РАНО ЗАСТАВИЛА МЕНЯ ПОНЯТЬ, ЧТО  
ЖИЗНЬ СТОИТ ТОГО, ЧТОБЫ ЖИТЬ. / С. ХОКИНГ



Зачем, как тульский заседатель,  
Я не лежу в параличе?  
Зачем не чувствую в плече  
Хоть ревматизма? – ах, Создатель!  
Я молод, жизнь во мне крепка;  
Чего мне ждать? Тоска, тоска!..  
А. С. Пушкин

**Растущий дефицит порядочности в человеческом обществе – это биологическая закономерность: внутривидовой отбор в человеческом сообществе подавляет порядочность и поощряет накопительство, тщеславие, агрессивность и другие, не украшающие человека черты.**

**К. Лоренц**

**Сокрушаться, что люди эгоистичны и вероломны, так же глупо, как жаловаться, что магнитное поле не растёт, если ротор электрического поля равен нулю.**

**Дж. Фон Нейман**



**... если люди все же уничтожат друг друга, то Вселенная не прольет над ними ни единой слезы.**

**А. Эйнштейн**

**Однако границ они не переходят, так как они лишены языка, который позволил бы им провозгласить мытье бананов нравственным принципом, а немытье – опасной ересью.**

**А. Кестлер об обезьянах**

**... любая большая компания, пусть даже состоящая из самых симпатичных людей, по своему нравственному и умственному уровню напоминает неуклюжее, тупое и злобное животное ... *Senatus bestia, senatores boni viri* (Сенат – зверь, сенаторы – порядочные люди)**

**К. Г. Юнг**



**Владимир Павлович Эфроимсон**  
**1908-1989**



**Почему человек в общем и целом, в своем большинстве и в большинстве поступков, вопреки всякой логике и здравому смыслу, вопреки всему решительно все-таки порядочен?**

**В. П. Эфроимсон**

В феврале 1948 г. В. П. Эфроимсон был изгнан из Харьковского университета за "раболепство перед западом, за поступки, порочащие высокое звание преподавателя высшей школы", в мае 1949 г. был арестован «за тунеядство» и осужден «за клевету на Советскую Армию». (В конце войны, в Германии, он подал рапорт начальству о том, что советские солдаты насиловали женщин и детей, вызывая ожесточенное сопротивление немцев, защищавших честь своих жен, сестер и дочерей. Когда Сталину доложили об этом, он сказал: «Пусть ребята погуляют». «Ребята погуляли», а В. П. Эфроимсон получил 10 лет лагерей.)

Зря я взял Эфроимсона на кафедру  
доцентом. Нужно было взять его в  
зоологический музей. Экспонатом. И  
написать:

*Vir bonus* – Человек порядочный  
Вымирающая ветвь  
Охраняется законом

Заведующий кафедрой  
дарвинизма и генетики ХГУ  
Илья Михайлович Поляков

*Изучение биографий и патографий  
гениев всех времен и народов  
приводит к неумолимому выводу:  
гениями рождаются. Однако только  
ничтожно малая доля  
народившихся потенциальных  
гениев в гениев развивается. А из  
подлинных, несомненных гениев  
лишь ничтожная доля реализуется.*

**В. П. Эфроимсон**



**Гении рождаются в пропорции**

**1: 100 000,**

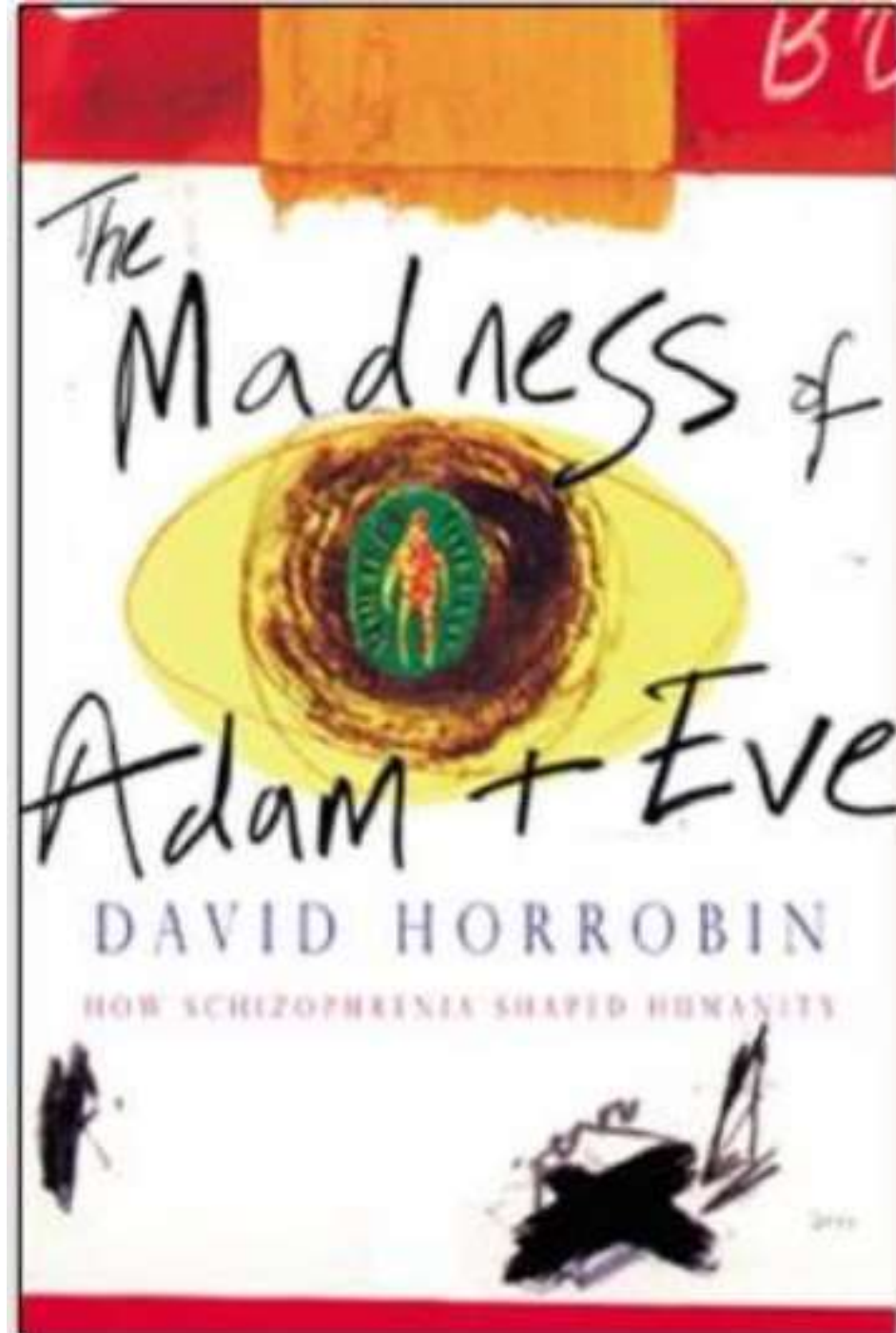
**НО ТОЛЬКО**

**одному из 100**

**потенциальных гениев**

**удается реализовать.**

**The Madness of  
Adam and Eve: How  
Schizophrenia  
Shaped Humanity**



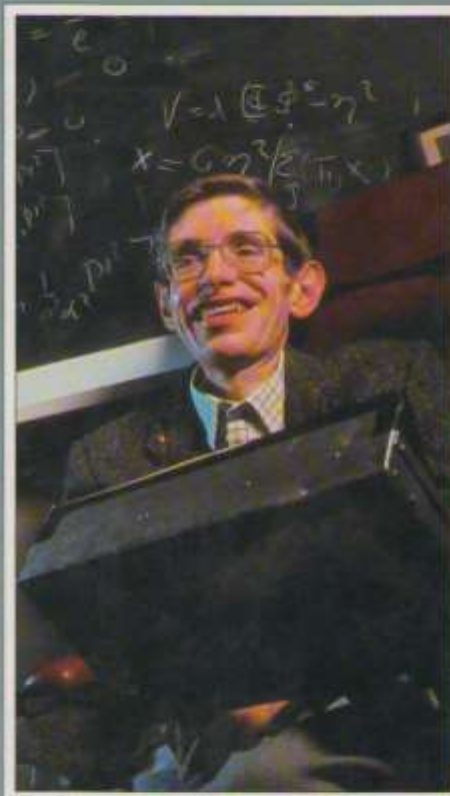
Дочь Джеймса Джойса была шизофреничкой.  
Сын Альберта Эйнштейна был шизофреником.  
Мать Карла Густава Юнга, по-видимому, была  
шизофреничкой. Многие из родственников  
философа Бертрана Рассела были  
шизофрениками. Дети нескольких недавних  
Нобелевских лауреатов - шизофреники. Джон  
Нэш, Нобелевский лауреат по экономике 1994  
года - шизофреник...

Список личностей, проявлявших шизофренические или шизотипические черты очень обширен: Доницетти, Шуман, Бетховен, Берлиоз, Шуберт, Вагнер; Бодлер, Стринберг, Свифт, Шелли, Гёльдерлин, По, Джойс, Гоголь, Гейне, Теннисон, Кафка, Пруст; Кант, Витгенштейн, Паскаль; Эйнштейн (синдром Аспергера), Ньютон, Фарадей, Коперник, Линней, Ампер, Эдисон, Мендель, Дарвин... Некоторые из циклотимических личностей: Байрон, Хемингуэй, Конрад, Кольридж, Шиллер, Бальзак, Диккенс; Рафаэль, Микельанджело, Ван Гог; Гендель, Россини, Чайковский, Шопен...



# A BRIEF HISTORY OF TIME

FROM  
THE BIG  
BANG TO  
BLACK  
HOLES



**STEPHEN  
W. HAWKING**

INTRODUCTION BY CARL SAGAN

С. Хокинг

# От большого взрыва до черных дыр

Краткая история времени



Издательство «Мир»



**В настоящее время повсюду стремятся распространять знания, но кто знает, не появятся ли через два-три столетия университеты для того, чтобы восстановить былое невежество.**

**Георг Кристоф Лихтенберг  
1742-1799**



Серія *SCEPTICA*  
Книжка 1

СТІВЕН ГОКІНГ

# КОРОТКА ІСТОРІЯ ЧАСУ

ВІД ВЕЛИКОГО ВИБУХУ  
ДО ЧОРНИХ ДІР



[http://issuu.com/pubkis/docs/  
hawking\\_short\\_history\\_ukr](http://issuu.com/pubkis/docs/hawking_short_history_ukr)

Серія *SCEPTICA*  
Книжка 1

СТІВЕН ГОКІНГ

# КОРОТКА ІСТОРІЯ ЧАСУ

ВІД ВЕЛИКОГО ВИБУХУ  
ДО ЧОРНИХ ДІР

*Переклад з англійської*

2015  
К.І.С.





## ДЕЩО ПРО ГОКІНГА, ЙОГО КНИЖКУ ТА ЧОРНІ ДІРИ, ЩО НЕ ТАКІ ВЖЕ Й ЧОРНІ

*Як сказав Джонсон, якщо ви знаєте, що вас завтра вранці повісять, це допомагає вам добре зосередитися. І він (Стівен) дійсно зосередився на своїй праці так, як я гадаю, не зміг би зосередитись у протилежному разі... Ні, ні, я не можу назвати його хворобу удачею. Але для нього хвороба була меншим лихом, ніж для більшості інших людей.*

Ізобел Гокінг про сина

Стівен Гокінг мав щастя з'явитися на цей світ 8 січня 1942 р. в Оксфорді, куди його мати Ізобел та батько Френк втекли з Лондона від німецьких бомб. Було відомо, що німці вирішили не бомбити Оксфорд, бо Гітлер мав плани зробити в ньому свою резиденцію. Як згодом обчислив сам Гокінг, того ж дня побачили світ ще двісті тисяч дітей. Вважається, що генії народжуються у пропорції один до ста тисяч, і що тільки одному зі ста потенційних геніїв вдається реалізуватися. Двомстам тисячам людей, що народилися водночас з Гокінгом, пощастило: один із двох їх потенційних геніїв реалізувався. Ним виявився Стівен.

Ніщо не провіщало в юному Стівені генія, хіба крім деяких ознак: у дитинстві він розвивався ще повільніше, ніж Айнштайн, у школі вчився ще гірше, ніж Ньютон, а в університеті байдикував ще більше, ніж Гете чи Байрон. Можливо, що Стівен Гокінг трохи хизується, коли про все це розповідає, але що краще, ніж почуття гумору, може підтримувати хвору людину, хвороба якої має страшну назву — *бічний аміотрофічний склероз*? Відповідь на це, здавалося б, риторичне питання є: ще краще безна-

(«Вибухи чорних дір?») надійшов до наукових бібліотек Радянського Союзу. Мало кому пощастило погортати цей журнал і побачити Гокінгову статтю (автор цих рядків був одним з таких щасливців): журнал раптом зник. Хтось дуже значний у Москві наказав сховати всі журнали «*Найче*» з Гокінговою статтею, які потрапили у Радянський Союз, у сейфи режимних відділів органів безпеки та нікому не видавати без особливого дозволу. Журнал із статтею Гокінга занесли в чорний список і нікому не видавали. Тому, хто встиг його побачити, було ясно, в чому справа. У злочасному журналі на сторінках 2–3 була надрукована дуже «небезпечна» для читачів стаття англійської журналістки Віри Річ «*Протест стосовно еміграції з Радянського Союзу*» (Vera Rich, «*Protest about emigration from the Soviet Union*»). В статті розповідалось про голодування, що оголосили в Москві певні науковці-євреї, яким забороняли виїхати в Ізраїль, йшлося також про різні інші непривабливі речі, що стосувались еміграції з Радянського Союзу. Невідомо, чи допомогла комусь ця стаття подолати труднощі з від'їздом в Ізраїль, але стала вона відтоді недоступною, мабуть і тепер лежить у тих самих «режимних» сейфах. Але в наші дні все стало набагато простіше: без будь-яких перешкод, за кілька секунд, кожен може одержати через інтернет і статтю пані Віри Річ<sup>1</sup>, і Гокінгову, заплативши журналові «*Найче*» лише по 32 долари за кожену статтю.

Загальновизнано, що Гокінгова стаття 1974 р. про квантове випаровування чорних дір — перлина теоретичної фізики ХХ сторіччя. Відкриття Гокінга, що *чорні діри не такі вже й чорні*, і подальші його досягнення в дослідженні квантових процесів у ран-

<sup>1</sup> Віра Річ (1936–2009), англійська журналістка, перекладачка, поетка, ще дівчиною закохалася в українську мову і в Україну. На її бажання її навіть поховано в Каневі, біля могили Тараса Шевченка. «Це було в Хайфі, — згадувала одного разу пані Віра, — офіцер органів безпеки проводив зі мною обов'язкову для цієї країни співбесіду. Під час розмови виявилось, що я знаю українську мову. «Але чому, — здивувався офіцер, — чому ви вивчили українську?» — «Для того, щоб перекласти Шевченка», — відповіла я. На тому співбесіда закінчилася. Коли його секретарка принесла тістечка і чай, ми вже співали, як брат і сестра після довгої розлуки, «Рече та стогне...», «Думи мої...», «Гетьмани, гетьмани...», «Тече вода...» та ще щось, що могли згадати. Офіцер безпеки Ізраїлю, який народився в Києві, більше не запитував, чому я вивчила українську» (<http://tyzhden.ua/Publication/3594>).

Ще одне передбачення загальної теорії відносності полягає в тому, що поблизу такого масивного тіла, як Земля, час спливає повільніше. Це можна пояснити зв'язком між енергією світла і його частотою (тобто числом хвиль світла за секунду): що більша енергія, то вища частота. Світло, поширюючись угору в гравітаційному полі Землі, втрачає енергію, і тому його частота зменшується. (Це означає, що проміжок часу між двома сусідніми гребенями хвилі збільшується.)<sup>10</sup> Спостерігачеві, який перебуває на висоті, здаватиметься, що внизу все відбувається повільніше.

<sup>10</sup> Що частота світла зменшується, коли світло поширюється вгору, – твердження хибне. Справді, «що вища енергія, то більша частота». Але про яку енергію йдеться у квантовій фізиці? Про повну енергію! Наприклад, якщо камінь летить угору, то його повна, тобто кінетична плюс потенціальна, енергія не змінюється, а тим самим не змінюється і частота квантовомеханічної хвилі, пов'язаної з каменем. Світло, що поширюється вгору, випромінюється з меншою частотою, тому що час поблизу Землі спливає повільніше. Даючи хибне пояснення червоного зсуву (поряд з правильним), Гокінг повторює помилку багатьох великих і видатних фізиків, зокрема нобелівських лавреатів Макса Борна, Річарда Файнмена, Віталія Гінзбурга, які, на жаль, теж, пояснюючи, що таке червоний зсув, порушували «принцип Айнштейна»: «Пояснення повинно бути якомога просте, але не простіше». — Прим. Ю. Степановського.

Із доктриною наукового детермінізму категорично не погоджувалися багато людей, які вважали, що та зазіхає на Божу свободу втручатися в світ, але до початку ХХ століття вона залишалася звичайним науковим припущенням. Однією з перших ознак того, що від цього погляду треба відмовитися, стали розрахунки британських науковців лорда Рейлі (Релея) та сера Джеймса Джинса, які вказали на те, що гарячий об'єкт, або тіло на кшталт зорі, повинен випромінювати енергію з нескінченною інтенсивністю. Згідно з законами, у які вірили в той час, гаряче тіло мало

<sup>12</sup> Гокінг повторює дуже поширену, втім некоректну версію, що її звичайно майже всі викладачі розповідають студентам, але яка не відповідає справжньому розвитку подій. Річ у тім, що про «безглуздий результат», «ультрафіолетову катастрофу» (сам термін «ультрафіолетова катастрофа» вперше вжив Пауль Еренфест у 1911 р.), заговорили після статті Джинса, яка вийшла 1905 р., тож вона аж ніяк не могла вплинути на роботу Планка 1900 р. Початкова стаття Релея з цієї теми вийшла у 1900 р., але ні про яку «ультрафіолетову катастрофу» в ній не йшлося, і Планк у своїх статтях 1900 р. не покликався на Релея. Мотивація Планка щодо введення «квантів» була інша. — Прим. Ю. Степановського.



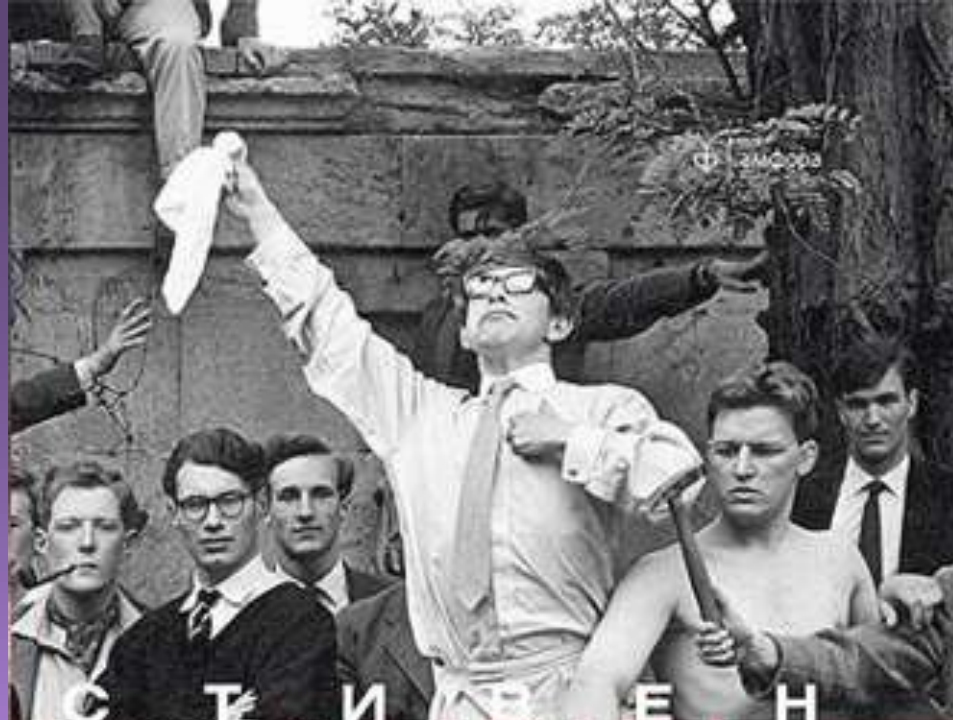
Щоб уникнути цього відверто безглузлого результату німецький науковець Макс Планк у 1900 році припустив<sup>12</sup>, що світло, Рентгенові промені та інші хвилі не можуть випромінюватися з довільною інтенсивністю, а лише певними пакетами, які він назвав квантами<sup>13</sup>. Навіть більше, кожен квант має пев-

<sup>13</sup> У читача може скластися враження, нібито Планк відкрив кванти світла. Кванти світла у 1905 р. відкрив Айнштайн. Планк, як і всі добре освічені фізики того часу, знав, що ніякі кванти світла існувати не можуть. Навіть 1913 р., рекомендуючи Айнштейна у Пруську академію наук, він писав: «Теорію квантів світла не слід ставити йому у провину». Гіпотеза Планка стосувалася іншого: енергія деяких фізичних систем набуває дискретних значень, тобто квантується. Тепер ми знаємо, що систем, енергія яких квантується, безліч, це всі атоми, молекули, атомні ядра тощо. — Прим. Ю. Степановського.

Насправді це не послідовно — розглядати світло як гарматні ядра в Ньютоновій теорії гравітації, бо швидкість світла стала<sup>22</sup>. (Гарматне ядро, яке летить угору від Землі, буде сповільнюватися під дією сили тяжіння, врешті-решт зупиниться і почне падати назад; тоді як фотон продовжуватиме рухатись угору зі сталою швидкістю. Тож як впливає Ньютонова сила тяжіння на світло?) Послідовна теорія про те, як сила тяжіння впливає на світло, з'явилася допіру тоді, коли 1915 року Айнштейн запропонував загальну теорію відносності. Та минуло ще чимало часу, поки зрозуміли її наслідки для масивних зір.

<sup>22</sup> Стала швидкість світла чи ні, залежатиме від того, як ми вимірюємо відстані. Коли Айнштейн обчислював у 1915 р. відхилення світла гравітаційним полем Сонця, він вважав, що швидкість світла поблизу Сонця менша, ніж віддалік. Тому світло й відхиляється (як у призмі). Сам Гокінг у своїх наукових працях використовує так звану метрику Шварцшильда, з якої випливає формула, як швидкість світла залежить від відстані  $R$  до центру кулеподібної маси  $c(R) = c (1 - R_g / R)$  де  $R_g$  — так званий радіус Шварцшильда, що збігається з радіусом чорної діри, якщо маса, про яку йдеться, міститься під цим радіусом,  $c$  — це звичайна швидкість світла, коли нема гравітації. Як бачимо, при  $R = R_g$  швидкість світла дорівнює нулеві. А позаяк ніщо не можна розігнати до швидкості світла (навіть рівної нулеві!), то ніщо й не може вирватися з чорної діри (якщо не враховувати квантових ефектів, як це зробив Гокінг). — Прим. Ю. Степановського.





# СТИЛЕРЫ ХОКИНГ

МОЯ  
краткая история

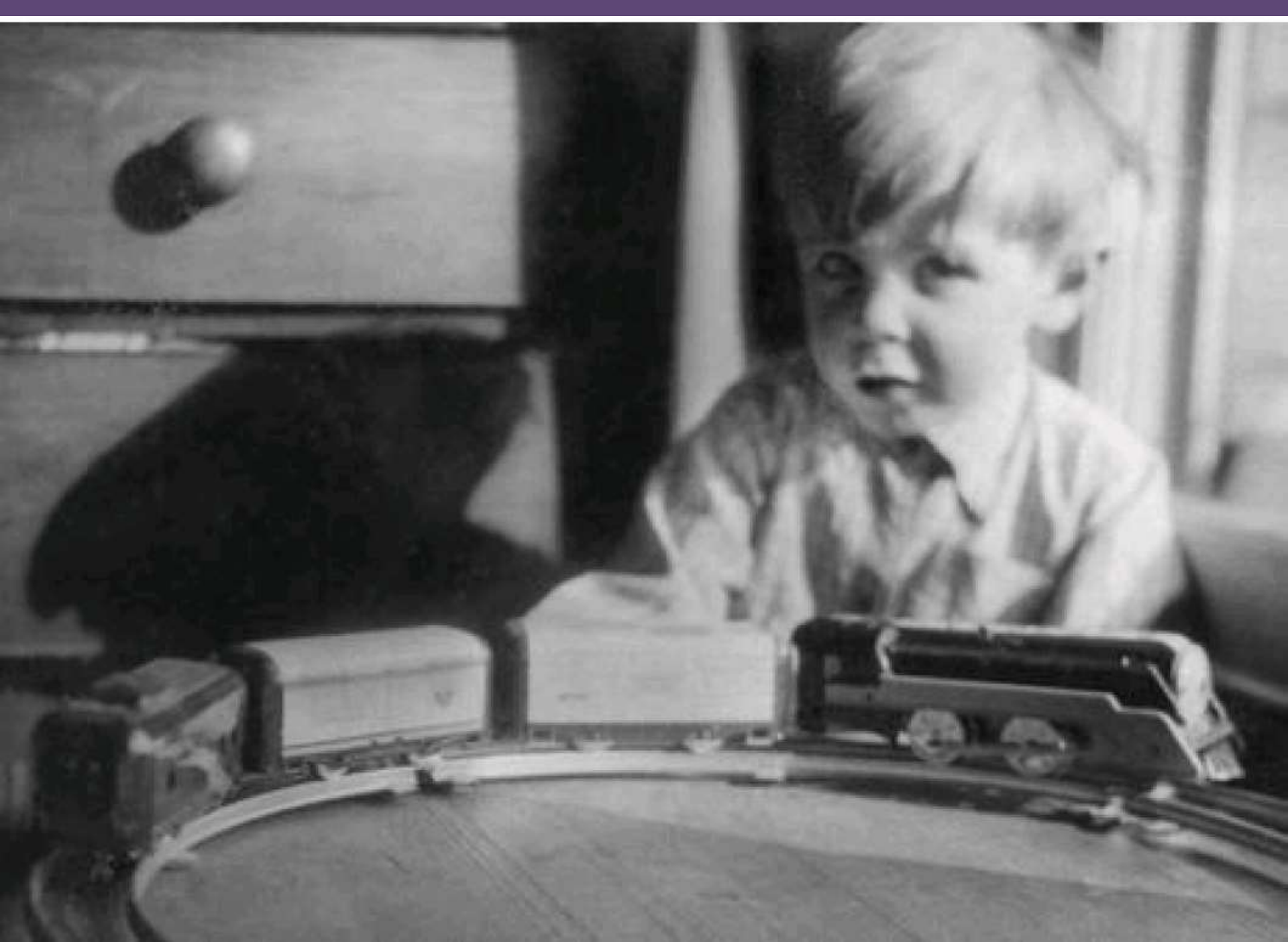




































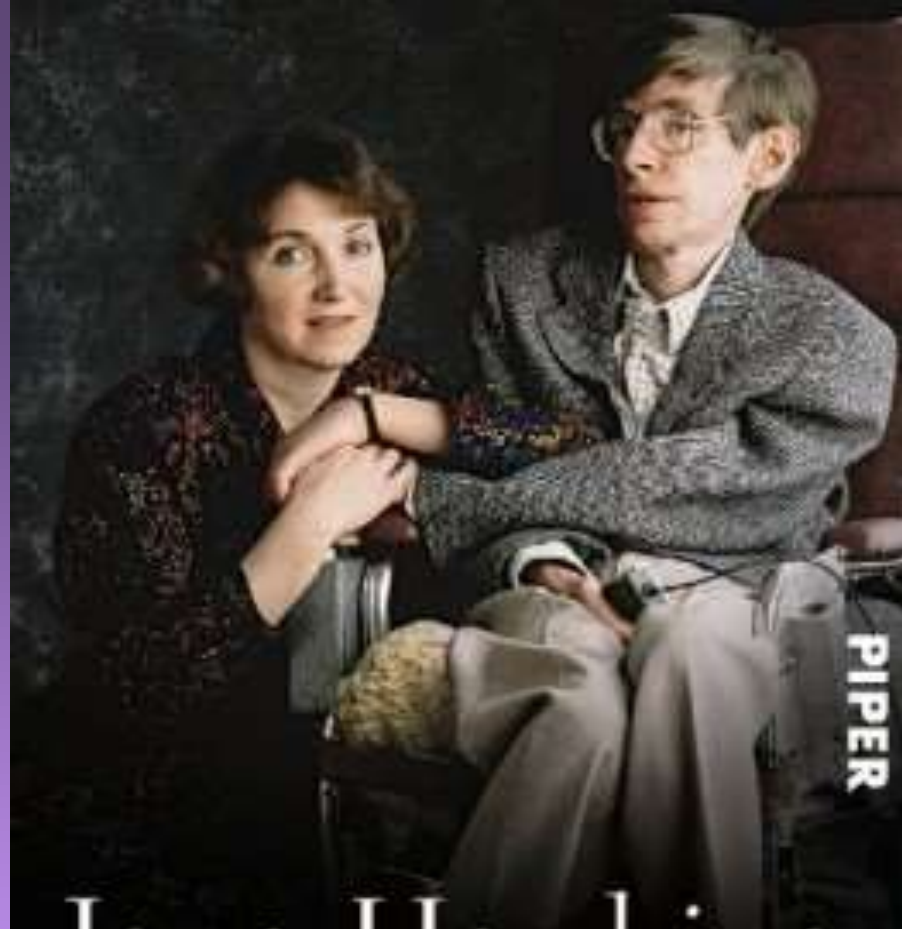






"A Great Read." *The Daily Mail*

*Travelling to Infinity*  
*My Life with Stephen*  
JANE HAWKING



PIPER

Jane Hawking

Die Liebe hat elf Dimensionen

*Mein Leben mit  
Stephen Hawking*

















В декабре 2012 года  
русский миллиардер  
Юрий Мильнер присудил  
мультимиллионеру  
Стивену Хокингу  
премию в 3 млн долларов  
за фундаментальные  
открытия в науке





Натуре андвезеэбо 248, March 1974  
336-337  
гёрная гур 248, 88 (1973)

Африкане мезиб. нолз Семен  
248, 402-405 (1971)

Принцип Лав 249, 328-329 (1974)

Тахионы 248, 28-30 (1974)

Взрывот (рождение нар)  
гёрных гур 248, 30-31 (1974)  
(1974)

Сонетные небурно 248, 209-211  
249, 131 (1974)

Гравитация. заряд, гёделовские  
агроны 248, 221-223



they must produce a response in the scintillator comparable with that produced by a conventional charged particle. As mentioned earlier, the EAS studied by Ramana Murthy were almost two orders of magnitude less energetic than those used by us and also a much smaller time range was examined. Since the peak in our distribution occurs after the 18  $\mu$ s time interval investigated by Ramana Murthy, the results cannot be directly compared. But a statistical examination of his published data using David's technique indicates that there is less than 5% probability that the data is from a uniform distribution. We note that, subjectively, the observed distribution seems to rise in the period prior to 13  $\mu$ s before the shower arrival. This is not inconsistent with our observations.

It is possible that an explanation may be found for these results without invoking the existence of tachyons. A. G. Gregory has pointed out to us that fission or spallation in the interstellar medium or production of associated particles at the source might account for the correlated arrival of cosmic rays. We note, however, that unless particles are produced with closely similar rigidity and velocity vectors they are unlikely to remain associated for long in the interstellar or source magnetic fields. A closely related problem has been discussed by Weekes<sup>6</sup> in connection with pulsar periodicities in cosmic-ray arrival times.

We conclude that we have observed non-random events preceding the arrival of an extensive air shower. Being unable to explain this result in a more conventional manner, we suggest that this is the result of a particle travelling with an apparent velocity greater than that of light.

We thank Dr A. G. Gregory and Professors C. A. Hurst and J. R. Prescott for comments, Mr K. W. Morris for advice on statistical analysis, and Ms J. M. Taylor for chart reading. One of us (R.W.C.) holds a Queen Elizabeth Fellowship. The University of Calgary is thanked for the loan of equipment.

ROGER W. CLAY  
PHILIP C. CROUCH

Physics Department,  
University of Adelaide,  
Adelaide, South Australia 5001

Received December 10, 1973.

<sup>1</sup> Alväger, T., and Kreiser, M. N., *Phys. Rev.*, **171**, 1357 (1968).

<sup>2</sup> Baltay, C., Feinberg, G., Yeh, N., Linsker, R., *Phys. Rev. D.*, **1**, 759 (1970).

<sup>3</sup> Danburg, J. S., Kalbfleisch, G. R., Borenstein, S. R., Strand, R. C., Vanderburg, V., Chapman, J. W., Lys, J., *Phys. Rev. D.*, **4**, 53 (1971).

<sup>4</sup> Ramana Murthy, P. V., *Lett. Nuovo Cim. Ser. 2*, **1**, 908 (1971).

<sup>5</sup> Allan, H. R., *Prog. elem. Part. cosm. Ray Phys.*, **10**, 170 (1971).

<sup>6</sup> Bassi, F., Clark, G., and Rossi, B., *Phys. Rev.*, **92**, 441 (1953).

<sup>7</sup> David, F. N., *Biometrika*, **34**, 299 (1947).

<sup>8</sup> Weekes, T. C., *Nature phys. Sci.*, **223**, 129 (1971).

## Black hole explosions?

QUANTUM gravitational effects are usually ignored in calculations of the formation and evolution of black holes. The justification for this is that the radius of curvature of space-time outside the event horizon is very large compared to the Planck length  $(G\hbar/c^3)^{1/2} \approx 10^{-33}$  cm, the length scale on which quantum fluctuations of the metric are expected to be of order unity. This means that the energy density of particles created by the gravitational field is small compared to the space-time curvature. Even though quantum effects may be small locally, they may still, however, add up to produce a significant effect over the lifetime of the Universe  $\approx 10^{17}$  s which is very long compared to the Planck time  $\approx 10^{-43}$  s.

The purpose of this letter is to show that this indeed may be the case: it seems that any black hole will create and emit particles such as neutrinos or photons at just the rate that one would expect if the black hole was a body with a temperature of  $(\kappa/2\pi)(\hbar/2k) \approx 10^{-6} (M_0/M)K$  where  $\kappa$  is the surface gravity of the black hole<sup>1</sup>. As a black hole emits this thermal radiation one would expect it to lose mass. This in turn would increase the surface gravity and so increase the rate of emission. The black hole would therefore have a finite life of the order of  $10^{71} (M_0/M)^{-3}$  s. For a black hole of solar mass this is much longer than the age of the Universe. There might, however, be much smaller black holes which were formed by fluctuations in the early Universe<sup>2</sup>. Any such black hole of mass less than  $10^{15}$  g would have evaporated by now. Near the end of its life the rate of emission would be very high and about  $10^{30}$  erg would be released in the last 0.1 s. This is a fairly small explosion by astronomical standards but it is equivalent to about 1 million 1 Mton hydrogen bombs.

To see how this thermal emission arises, consider (for simplicity) a massless Hermitean scalar field  $\phi$  which obeys the covariant wave equation  $\square\phi = 0$  in an asymptotically flat space time containing a star which collapses to produce a black hole. The Heisenberg operator  $\phi$  can be expressed as

$$\phi = \sum_i (f_i a_i + \bar{f}_i a_i^*)$$

where the  $f_i$  are a complete orthonormal family of complex valued solutions of the wave equation  $f_{i,\alpha} g^{\alpha\beta} = 0$  which are asymptotically ingoing and positive frequency—they contain only positive frequencies on past null infinity  $I^-$ <sup>3,4,5</sup>. The position-independent operators  $a_i$  and  $a_i^*$  are interpreted as annihilation and creation operators respectively for incoming scalar particles. Thus the initial vacuum state, the state containing no incoming scalar particles, is defined by  $a_i|0\rangle = 0$  for all  $i$ . The operator  $\phi$  can also be expressed in terms of solutions which represent outgoing waves and waves crossing the event horizon:

$$\phi = \sum_i (p_i b_i + \bar{p}_i b_i^* + q_i c_i + \bar{q}_i c_i^*)$$

where the  $p_i$  are solutions of the wave equation which are zero on the event horizon and are asymptotically outgoing, positive-frequency waves (positive frequency on future null infinity  $I^+$ ) and the  $q_i$  are solutions which contain no outgoing component (they are zero on  $I^+$ ). For the present purposes it is not necessary that the  $q_i$  are positive frequency on the horizon even if that could be defined. Because fields of zero rest mass are completely determined by their values on  $I^-$ , the  $p_i$  and the  $q_i$  can be expressed as linear combinations of the  $f_i$  and the  $\bar{f}_i$ :

$$p_i = \sum_j (\alpha_{ij} f_j + \beta_{ij} \bar{f}_j) \quad \text{and so on}$$

The  $\beta_{ij}$  will not be zero because the time dependence of the metric during the collapse will cause a certain amount of mixing of positive and negative frequencies. Equating the two expressions for  $\phi$ , one finds that the  $b_i$ , which are the annihilation operators for outgoing scalar particles, can be expressed as a linear combination of the ingoing annihilation and creation operators  $a_i$  and  $a_i^*$ :

$$b_i = \sum_j (\bar{\alpha}_{ij} a_j - \bar{\beta}_{ij} a_j^*)$$

Thus when there are no incoming particles the expectation value of the number operator  $b_i^* b_i$  of the  $i$ th outgoing state is

$$\langle 0 | b_i^* b_i | 0 \rangle = \sum_j |\beta_{ij}|^2$$

The number of particles created and emitted to infinity in a gravitational collapse can therefore be determined by calculating the coefficients  $\beta_{ij}$ . Consider a simple example in which

the collapse is spherically symmetric. The angular dependence of the solution of the wave equation can then be expressed in terms of the spherical harmonics  $Y_{lm}$  and the dependence on retarded or advanced time  $u, v$  can be taken to have the form  $\omega^{-1/2} \exp(i\omega u)$  (here the continuum normalisation is used). Outgoing solutions  $p_{lm\omega}$  will now be expressed as an integral over incoming fields with the same  $l$  and  $m$ :

$$p_{lm\omega} = \int \{\alpha_{lm\omega'} f_{\omega'} + \beta_{lm\omega'} \bar{f}_{\omega'}\} d\omega'$$

(The  $lm$  suffixes have been dropped.) To calculate  $\alpha_{lm\omega}$  and  $\beta_{lm\omega}$  consider a wave which has a positive frequency  $\omega$  on  $I^+$  propagating backwards through spacetime with nothing crossing the event horizon. Part of this wave will be scattered by the curvature of the static Schwarzschild solution outside the black hole and will end up on  $I^+$  with the same frequency  $\omega$ . This will give a  $\delta(\omega - \omega')$  behaviour in  $\alpha_{lm\omega}$ . Another part of the wave will propagate backwards into the star, through the origin and out again onto  $I^+$ . These waves will have a very large blue shift and will reach  $I^+$  with asymptotic form

$$C\omega^{-1/2} \exp[-i\omega\kappa^{-1} \log(v_0 - v) + i\omega v] \text{ for } v < v_0$$

and zero for  $v \geq v_0$ , where  $v_0$  is the last advanced time at which a particle can leave  $I^+$ , pass through the origin and escape to  $I^+$ . Taking Fourier transforms, one finds that for large  $\omega'$ ,  $\alpha_{lm\omega'}$  and  $\beta_{lm\omega'}$  have the form:

$$\begin{aligned}\alpha_{lm\omega'} &\approx C \exp[i(\omega - \omega)v_0](\omega'/\omega)^{1/2} \\ &\quad \cdot \Gamma(1 - i\omega/\kappa)[-i(\omega - \omega')]^{-1+i\omega/\kappa} \\ \beta_{lm\omega'} &\approx C \exp[i(\omega + \omega)v_0](\omega'/\omega)^{1/2} \\ &\quad \cdot \Gamma(1 - i\omega/\kappa)[-i(\omega + \omega')]^{-1+i\omega/\kappa}.\end{aligned}$$

The total number of outgoing particles created in the frequency range  $\omega \rightarrow \omega + d\omega$  is  $d\omega \int |\alpha_{lm\omega'}|^2 d\omega'$ . From the above expression it can be seen that this is infinite. By considering outgoing wave packets which are peaked at a frequency  $\omega$  and at late retarded times one can see that this infinite number of particles corresponds to a steady rate of emission at late retarded times. One can estimate this rate in the following way. The part of the wave from  $I^+$  which enters the star at late retarded times is almost the same as the part that would have crossed the past event horizon of the Schwarzschild solution had it existed. The probability flux in a wave packet peaked at  $\omega$  is roughly proportional to  $\int |\alpha_{lm\omega'}|^2 - |\beta_{lm\omega'}|^2 d\omega'$  where  $\omega_0 \gg \omega' \gg 0$ . In the expressions given above for  $\alpha_{lm\omega'}$  and  $\beta_{lm\omega'}$  there is a logarithmic singularity in the factors  $[-i(\omega - \omega')]^{-1+i\omega/\kappa}$  and  $[-i(\omega + \omega')]^{-1+i\omega/\kappa}$ . Value of the expressions on different sheets differ by factors of  $\exp(2\pi i\omega\kappa^{-1})$ . To obtain the correct ratio of  $\alpha_{lm\omega}$  to  $\beta_{lm\omega}$  one has to continue  $[-i(\omega + \omega')]^{-1+i\omega/\kappa}$  in the upper half  $\omega'$  plane round the singularity and then replace  $\omega'$  by  $-\omega'$ . This means that, for large  $\omega'$ ,

$$|\alpha_{lm\omega'}| = \exp(\pi\omega/\kappa) |\beta_{lm\omega'}|$$

From this it follows that the number of particles emitted in this wave packet mode is  $(\exp(2\pi\omega/\kappa) - 1)^{-1}$  times the number of particles that would have been absorbed from a similar wave packet incident on the black hole from  $I^-$ . But this is just the relation between absorption and emission cross sections that one would expect from a body with a temperature in geometric units of  $\kappa/2\pi$ . Similar results hold for massless fields of any integer spin. For half integer spin one again gets a similar result except that the emission cross section is  $(\exp(2\pi\omega/\kappa) + 1)^{-1}$  times the absorption cross section as one would expect for thermal emission of fermions. These results do not seem to depend on the assumption of exact spherical symmetry which merely simplifies the calculation.

Beckenstein<sup>6</sup> suggested on thermodynamic grounds that some multiple of  $\kappa$  should be regarded as the temperature of a black hole. He did not, however, suggest that a black hole could emit particles as well as absorb them. For this reason Bardeen, Carter and I considered that the thermodynamical similarity between  $\kappa$  and temperature was only an analogy. The present result seems to indicate, however, that there may be more to it than this. Of course this calculation ignores the back reaction of the particles on the metric, and quantum fluctuations on the metric. These might alter the picture.

Further details of this work will be published elsewhere. The author is very grateful to G. W. Gibbons for discussions and help.

S. W. HAWKING

Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics and

Institute of Astronomy  
University of Cambridge

Received January 17, 1974.

<sup>1</sup> Bardeen, J. M., Carter, B., and Hawking, S. W., *Commun. Math. Phys.*, **31**, 161-170 (1973).

<sup>2</sup> Hawking, S. W., *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **152**, 75-78 (1971).

<sup>3</sup> Penrose, R., in *Relativity, Groups and Topology* (edit. by de Witt, C. M., and de Witt, B. S.), Les Houches Summer School, 1963 (Gordon and Breach, New York, 1964).

<sup>4</sup> Hawking, S. W., and Ellis, G. F. R., *The Large-Scale Structure of Space-Time* (Cambridge University Press, London 1973).

<sup>5</sup> Hawking, S. W., in *Black Holes* (edit. by de Witt, C. M., and de Witt, B. S.), Les Houches Summer School, 1972 (Gordon and Breach, New York, 1973).

<sup>6</sup> Beckenstein, J. D., *Phys. Rev.*, **D7**, 2333-2346 (1973).

## Absorption and emission by interstellar CH at 9 cm

RYDBECK, Ellender and Irvine<sup>1</sup> have recently detected the 9-cm lines of the  $^2\Pi_{3/2}$ ,  $J = 3/2$  doublet of interstellar CH. The  $F = 1 \rightarrow 1$  transition at 3,335.475 MHz was observed in emission in a wide range of galactic sources ranging from dark clouds to the spiral arms in front of Cassiopeia A. The two satellite transitions  $F = 0 \rightarrow 1$  (at 3,263.788 MHz) and  $F = 1 \rightarrow 0$  (at 3,349.185 MHz) were also observed in emission in several sources.

We have observed the 3,335.475 MHz transition of CH in several southern galactic sources. In RCW38 this line is seen in absorption, while the two satellite lines are seen in emission. In several sources the distribution of CH is found to be extended.

The observations were made on December 10 and 11, 1973, with the Parkes 64-m telescope equipped with a 9-cm parametric amplifier having a noise temperature of 150 K. The telescope beam at 9 cm is 6 arc min. The receiver output was analysed by a 512-channel digital correlator producing a spectral resolution of 19.5 kHz.

The Onsala observations<sup>2</sup> of CH emission at 3,335.475 MHz from Cloud 2 and W12 were confirmed. In Cloud 2 we measured an antenna temperature similar to that found with the Onsala 25-m telescope. For W12 it was 0.23 K, about 50% greater than the Onsala value of 0.15 K; however, at a position 5 arc min south (where the continuum intensity had fallen to one seventh of its peak value) the line signal had decreased by only 30%. A similar situation occurred in RCW36. Thus the CH distribution is considerably more extended than the continuum for these HII regions; in Cloud 2 it must be comparable with the 16 arc min beam of the Onsala 25-m telescope.



# Надзвичайний Посол України

Пам'яті Віри Річ



20 грудня 2009 року в Лондоні не стало знаної перекладачки Віри Річ, яка все своє життя виконувала функцію Української академії наук у Великій Британії. Авторка збірки оригінальних поезій, збірок перекладів із Шевченка, Івана Франка, Павла Тичини...

Віра Річ (24.04.1936) — англійська перекладачка, журналіст, поетка. Народилася в Лондоні.

Першим надрукованим перекладом В. Річ був «Пролог» до поеми «Мойсей» І. Франка (опублікований в «Українському віснику», який виходив у 1957 році в Лондоні). На сорокаріччя з дня цієї події Спілка письменників України нагородила Віру Річ Премією імені І. Франка. Першою добіркою перекладів стала збірка Тараса Шевченка, яка з'явилася в 1961 році, коли відзначали роковини смерті великого українського поета. З того часу Віра Річ почала працювати з українською, білоруською поезією, прозою, а також перекладами з польської, румунської, чеської, російської, давньоанглійської мов, переклала цикл поезій з іспанської мови. Останнім часом працювала для видання українців у Великій Британії «Українська думка». Засновник і редактор часопису «Manifold Magazine of New Poetry» («Розмаїття. Часопис новітньої поезії»).

В. Річ завжди вірила в краще, вірила, що і з її Україною все буде добре. «А як ви хочете, — казала вона, — демократія — це складний багаторічний процес».

Наприкінці 2007 року за підтримки Інституту літератури ім. Т. Шевченка НАНУ вийшло прекрасне видання вибраних поезій Т. Шевченка в перекладі Віри Річ (із передмовою академіка Івана Дзюби). Це фундаментальне академічне

видання має назву «Тарас Шевченко. Вибрана поезія. Живопис. Графіка», що побачило світ у видавництві «Мистецтво» (твори



# Protest about emigration from the Soviet Union

Vera Rich, London

THE right of the Jewish intelligentsia to emigrate from the Soviet Union to Israel has been raised once again by the fact, in Moscow, of David Azbel, a professor of chemistry, Vitalii Rubin, an eminent Sinologist, and Vladimir Galatski, a talented but little known artist. In a statement issued on the first day of their protest, the three participants declared:

"We begin today a hunger strike, taking a step befitting political prisoners. We consider ourselves as such even though we live in Moscow in our flats and with our families. One can deprive a human being of his liberty even without arresting him. The case then, is of arrest without investigation, without a trial and without a date for release".

Since October 1971 when the Soviet restrictions of Jewish emigration to Israel were relaxed insofar as total numbers were concerned, it has become increasingly clear that the new policy was not to be applied on a basis of equality. According to a law of 1942, all persons wishing to emigrate from the Soviet Union are obliged to pay 400 roubles for an exit visa, plus 500 roubles for renouncing their Soviet citizenship—900 roubles in all (£450). In addition to this, however, a new principle was introduced on August 3, 1972—that all persons with higher education wishing to emigrate should first refund to the state the cost of that education.

In a press statement made through the Novosti agency (December 28, 1972) Deputy Minister of the Interior Boris T. Shumilin explained this policy in terms of economic pragmatism with a touch of socialist solidarity. "The Soviet Union", he said, "has no intention of acting as a philanthropist towards persons on whose education the state has spent considerable sums, or towards those capitalist states to which these persons are emigrating".

For this reason the repayment of fees is not demanded from those departing for socialist countries or those which have "taken the road to independent development", since special agreements exist between the Soviet Union and

these countries concerning the repayment of fees. Persons of retirement age and invalids are, he said, exempt from all repayments, and rebates are given in accordance with the length of time worked (for example, 75% rebate for a man with a working record of 25 years or a woman with a working record of 20 years).

One would expect that since the state demands such high 'transfer fees' for its valuable personnel (a record figure of 23,000 roubles paid by an unnamed Jewish composer was reported in February, 1973), it would use these human 'assets' in the best interests of the Soviet economy. This, however, is not the case. Although it is not illegal to apply for



David Azbel

emigration to Israel, clearly those who do so are dissatisfied with the Soviet regime. And dissatisfaction with the regime is viewed by the authorities as dissent and, in many cases, as mental illness.

Thus one has the anomaly that a scholar such as philologist Vitalii Shevoroshkin, refused an exit visa on the grounds that his services were "indispensable" to the Soviet Academy of Sciences, was shortly afterwards dismissed from his post. One presumes that no adequate replacement can be found!

Since March 1973, when the enforcement of this 'diploma tax' threatened to jeopardize Soviet-United States trade

agreements, it would seem that the repayment of higher education fees has no longer been enforced. But the journalist Victor Louis, who seems to have a special insight into the workings of the KGB, informed the Israeli newspaper *Yediot Aharonot*, that "although it had not been abolished, the tax would not in future be demanded". Inverting the proposition, this means that although for those intellectuals fortunate enough to be allowed to leave as a sap to opinion abroad (five left with much publicity at the time of the said trade talks), it remains unrevoked and could be reimposed at any time.

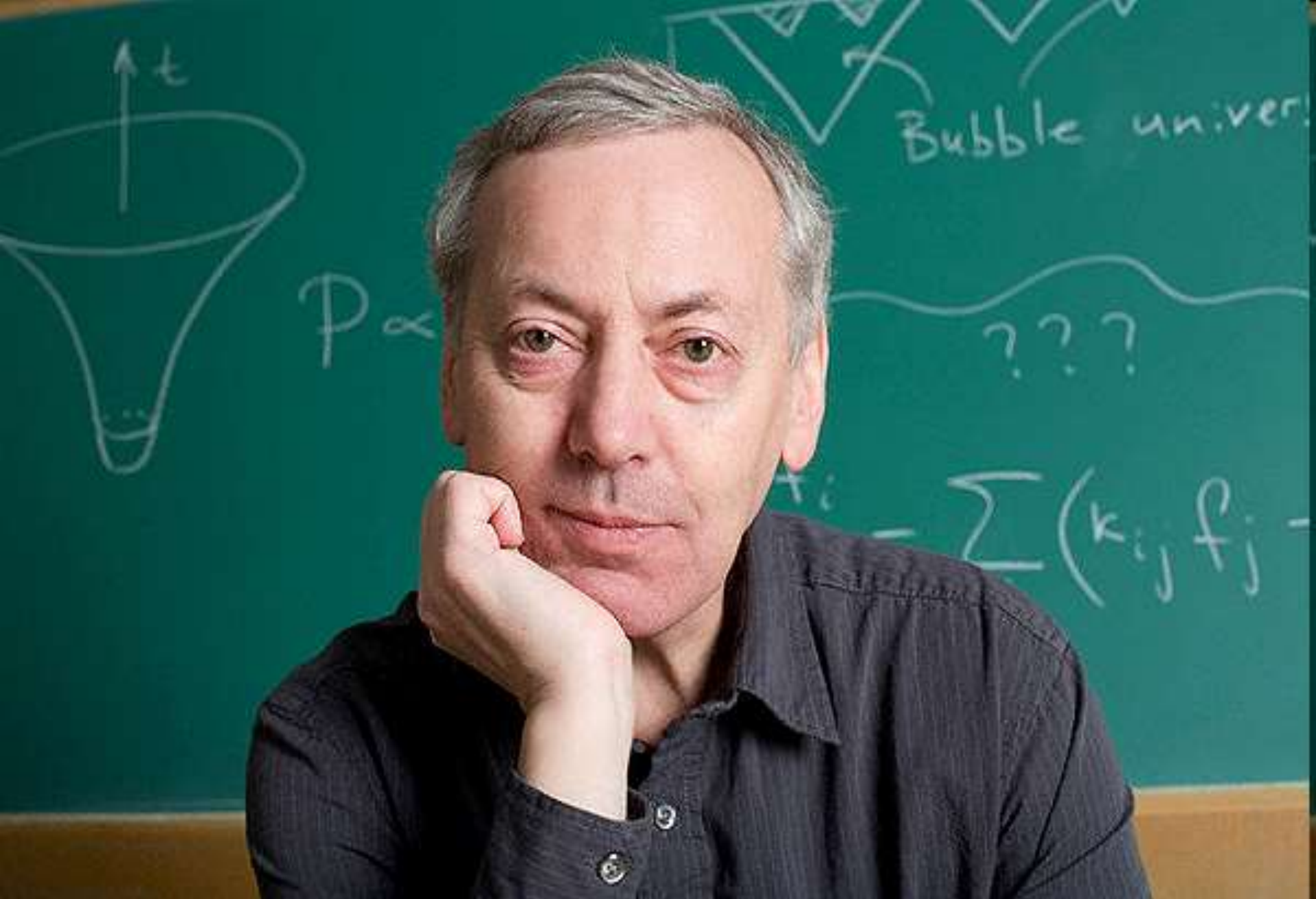
Instead of the diploma tax, recent policy has been one of ever increasing harassment of the would-be emigrant. He is seen as a dissenter and dismissal from his post is the least that he can expect. In the case of the electrochemist Dr Venyamin Levich, his own dismissal was followed by the exiling of his astrophysicist son to Siberia (in spite of suspected cancer of the stomach) and a curious attempt to impose the "academic oblivion" of Stalinist days.

The distribution of foreign scientific journals has been handled by the Institute of Information, which photocopies the journals and then distributes these copies to libraries and subscribers. This means that 'undesirable' material can be removed at this stage and, in order to cover up the omission, replaced by innocuous material such as book reviews from other issues.

In reproducing the *Journal of the Chemical Society*, No. 8, 1973, (which makes reference to Levich's work) the older blanking-out type of censorship was, however, adopted, so that references to the "Levich-Dogonadze" theory become references to the "... Dogonadze" theory throughout the Soviet version, except in one case where Levich's name remains by an apparent oversight (see Fig. 2).

Professor David Azbel, one of the three participants of the present 'hunger strike' was 61 years old when he applied, in May 1972, to emigrate to Israel and therefore, according to the Shumilin statement, should have qualified for emigration without payment of the diploma tax. His life history up to this time reads like a synopsis of some Solzhenitsyn novel. Orphaned at the age of nine—he was forced to watch his mother hanged during a White pogrom in the Civil War—he made his way as

Віра Річ (1936–2009), англійська журналістка, перекладачка, поетка, ще дівчиною закохалася в українську мову і в Україну. На її бажання її навіть поховано в Каневі, біля могили Тараса Шевченка. «Це було в Хайфі, — згадувала одного разу пані Віра, — офіцер органів безпеки проводив зі мною обов'язкову для цієї країни співбесіду. Під час розмови виявилось, що я знаю українську мову. «Але чому, — здивувався офіцер, — чому ви вивчили українську?» — «Для того, щоб перекласти Шевченка», — відповіла я. На тому співбесіда закінчилася. Коли його секретарка принесла тістечка і чай, ми вже співали, як брат і сестра після довгої розлуки, «Рече та стогне...», «Думи мої...», «Гетьмани, гетьмани...», «Тече вода...» та ще щось, що могли згадати. Офіцер безпеки Ізраїлю, який народився в Києві, більше не запитував, чому я вивчила українську»(<http://tyzhden.ua/Publication/3594>).



Александр Виленкин





Династия

Алекс Виленкин

# МИР МНОГИХ МИРОВ

Физики в поисках  
иных вселенных

СЕРИЯ Э Л Е М Е Н Т Ы

# Comrade Dad

**A PORTAL TO THE GOOD OLD DAYS OF SOVIET PHYSICS, COMPLETE WITH KGB AGENTS AND A SEVENTY-TON MOUNTAIN OF ROTTING CABBAGE**

BY ALINA SIMONE, J97, BFA97

ILLUSTRATION BY STUART BRADFORD

My father, Alexander Vilenkin, is a physicist at Tufts University, and I, his daughter, am a journalist with no aptitude for physics. That's in this world. But there is another world where I am the physicist and my father is the journalist. And yet another where I am a chinchilla and my father is a free-style rapper or a Sumo wrestler or Kim Jong-un. All of these worlds are equally real to my father, who uses the dual pillars of probability theory and the concept of an ever-expanding universe to argue the existence of an infinite number of worlds where an infinite number of variations on life as we know it actually, tangibly exist.

Three years ago, my father received a letter from one of these worlds: an invitation to travel to the Soviet Union to participate in a scientific conference that was taking place in 1956. This was no joke. The invitation was issued by the award-winning director Ilya Khrzhanovsky, a mad genius and enfant terrible of the Russian film scene. He wanted my father to play the role



physical world can be stated and the world looks different for different observers. Einstein supports a “sceptical” philosophy. Since every observer is equally right, truth can never be found and the “agnostic” can prove his case. By applying this “relativistic” attitude also to the realm of ethics the theory of relativity was even accused of being hostile to morality and of being a subversive doctrine.

These misinterpretations have played their part in the attitude of political groups towards Einstein's theories.

There have been everywhere also serious attempts to achieve a “negotiated peace” in this ideological war. For, whatever may be the form of government, the experiential results of Einstein's theories cannot be ignored in the application of physics to industry and warfare. A compromise had to be found under which the practical implications could be exploited without having to face the philosophical implications.

Instead of an elaborate discussion of all these points

relativity was even accused of being hostile to morality and of being a subversive doctrine.

These misinterpretations have played their part in the attitude of political groups towards Einstein's theories. During the Nazi regime in Germany and under the Soviet regime in Russia the ruling parties and even spokesmen of the governments subjected Einstein's theories to severe criticism. There have been everywhere also serious attempts to achieve a "negotiated peace" in this ideological war. For, whatever may be the form of government, the experiential results of Einstein's theories cannot be ignored in the application of physics to industry and warfare. A compromise had to be found under which the practical implications could be exploited without having to face the philosophical implications.

Instead of an elaborate discussion of all these points

*Барабашев Н.П.*

*Борьба с идеализмом в области космогонических и космологических гипотез.*

**Издательство ХГУ, 1952 г.**

Буржуазная астрономия, переживающая **глубочайший кризис**, находится в состоянии **застоя и идейного загнивания**. Особенно наглядно это проявляется в усилении **мистики и поповщины** в области современных космогонических и космологических “теорий”, ныне прямо и откровенно смыкающихся с теологией. Ярким свидетельством этого может служить широкая проповедь в буржуазных странах реакционно-мистических идей о конечности вселенной, о **“расширяющейся вселенной”**, **мракобесных рассуждений** Эддингтона, Джинса, Милна, **Эйнштейна** и др. о конечности мира ...

Выводы о бесконечно расширяющейся и пульсирующей вселенной являются ложными и **абсолютно несостоятельными спекуляциями**, далекими от настоящей науки. Они совершенно неприемлемы и противны диалектическому материализму, так как ведут либо к необходимости признания акта творения, т.е. **возникновения вселенной из ничего**, либо предполагают появление новых материальных тел и нового пространства... Ясно, что и то, и другое предположения не научны, антидиалектичны и ведут к **ничем не прикрытой поповщине** ...

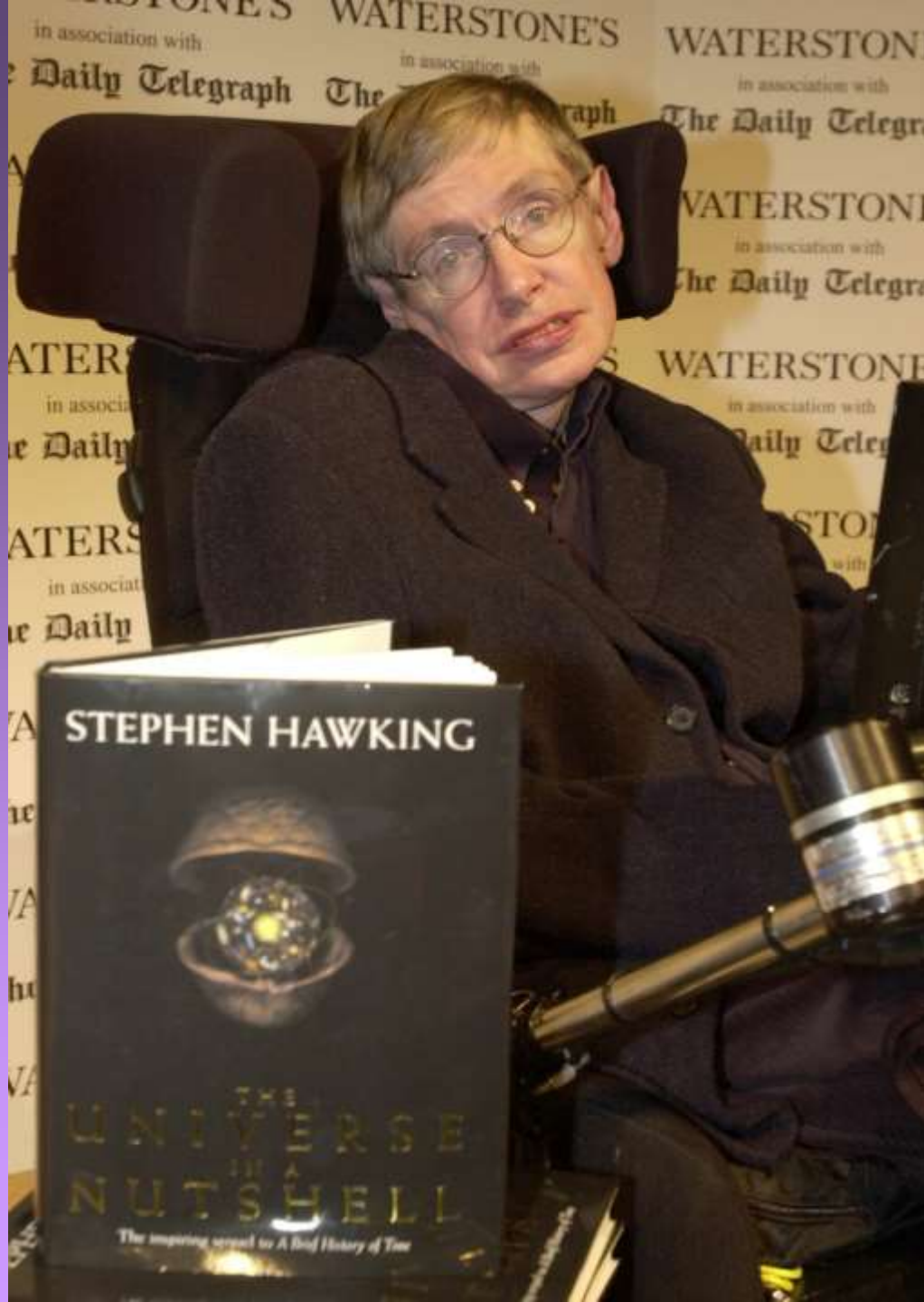
$$T' = T \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 R}}$$

**Течение времени  
в поле точечной массы  
по Шваршильду**



При  $R = \frac{2GM}{c^2}$  время перестает течь.

*«Мы видим, что остановка реального и мнимого времени (либо останавливаются оба, либо ни одно из них) означает, что пространство-время обладает температурой, как я открыл это для черных дыр.»*      **Стивен Хокинг**



$$T = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M k}$$

ТЕМПЕРАТУРА ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

**В 2004 г. Стивен Хокинг  
публично объявил свою  
знаменитую работу 1974 г.  
об испарении черных дыр  
ошибочной.**

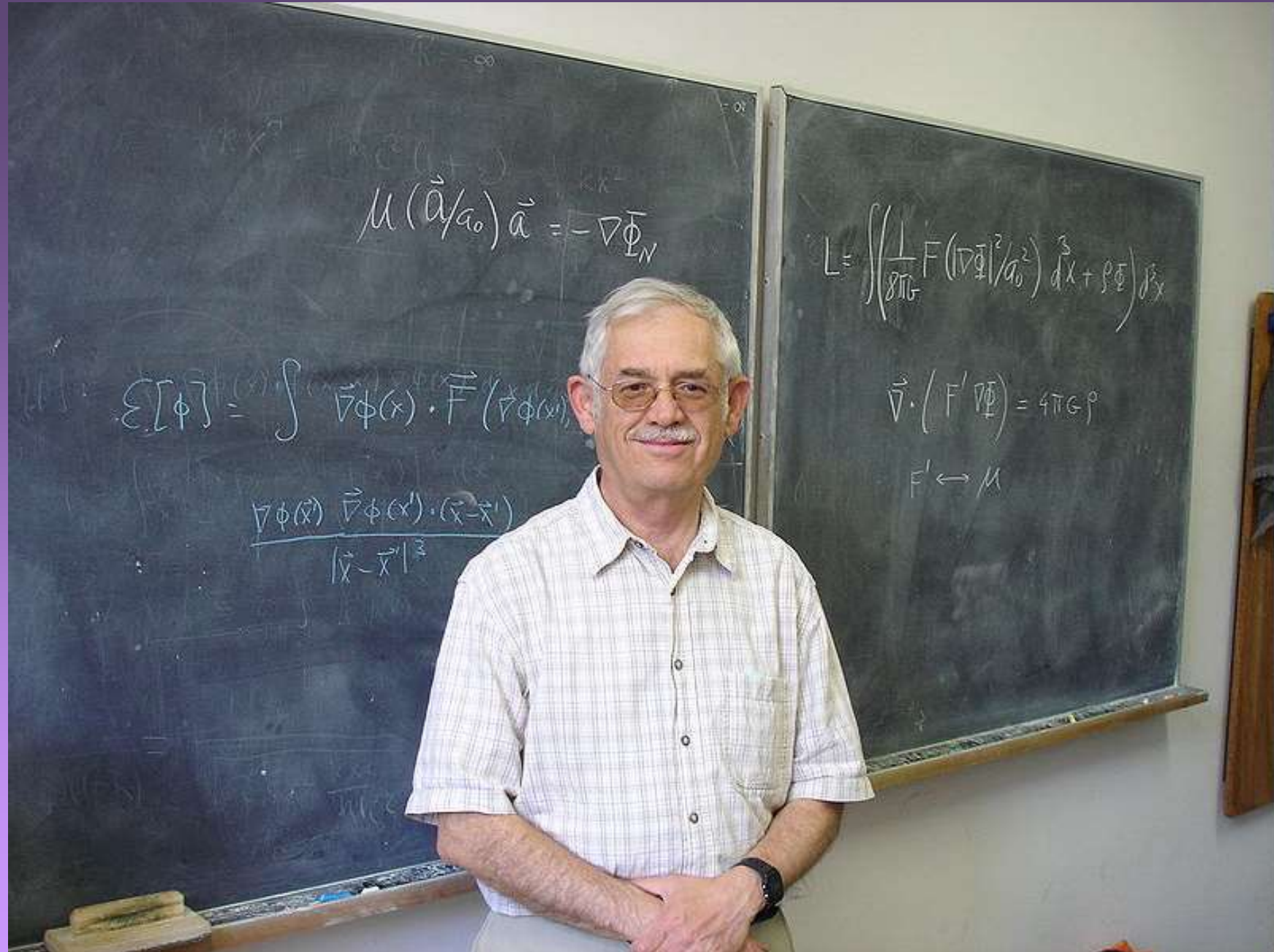


- А. Всякое черное (тепловое) излучение описывается формулой Планка.**
- Б. Излучение черной дыры описывается формулой Планка.**
- В. Следовательно, излучение черной дыры – это черное излучение.**

- А. Все кошки – пушистые.**
- Б. Этот цыпленок – пушистый.**
- В. Следовательно, этот цыпленок – кошка.**

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

*«Мы видим, что остановка реального и мнимого времени (либо останавливаются оба, либо ни одно из них) означает, что пространство-время обладает температурой, как я открыл это для черных дыр.»*      **Стивен Хокинг**



Яков Бекенштейн



## Hawking-Beckenstein debate (1972)

**Hawking**: the analogy between the area theorem and the 2nd law of thermodynamics is just a matter of coincidence.

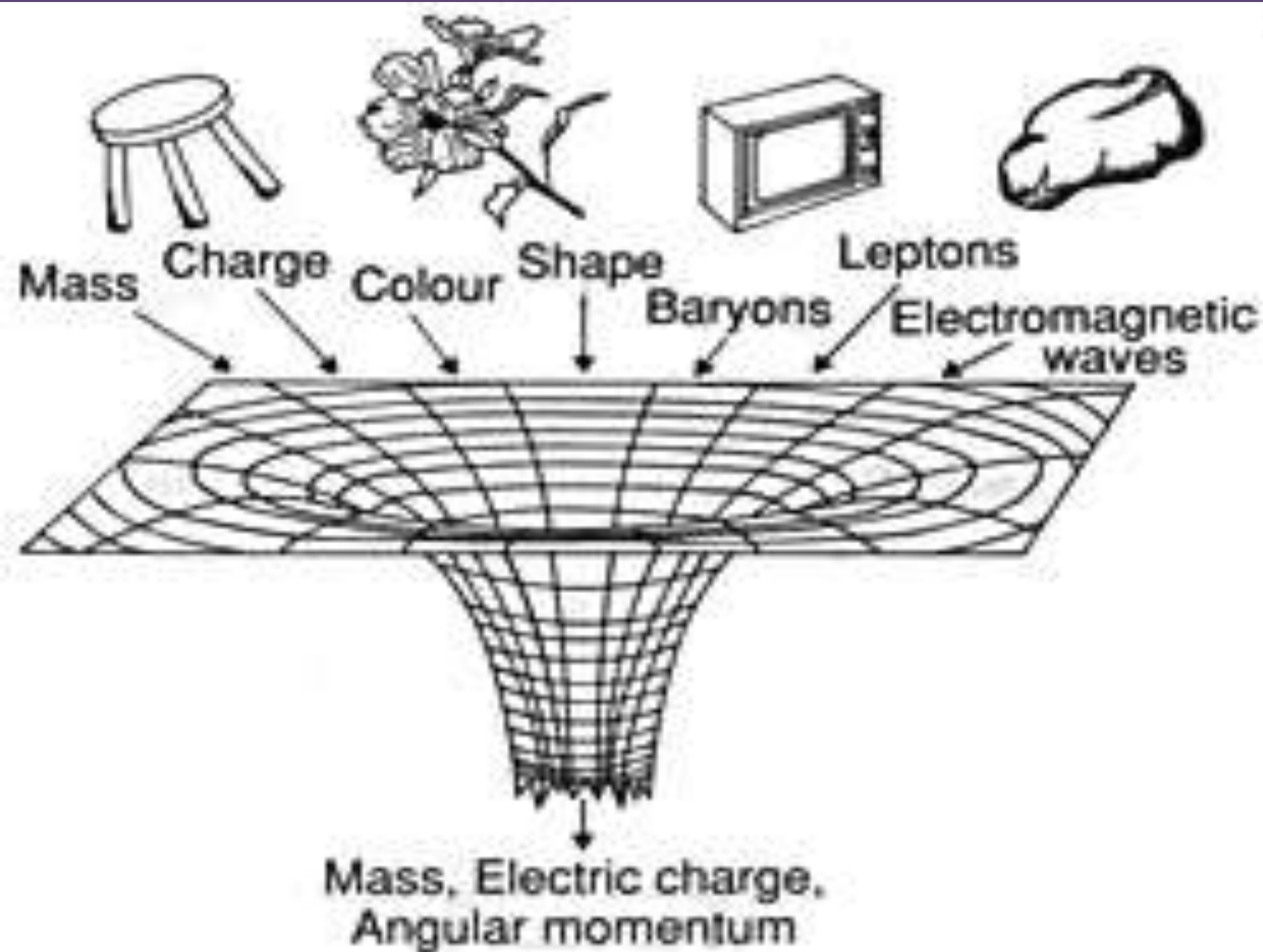
**Beckenstein**: I am not convinced. Nowhere in nature the 2nd law of thermodynamics is violated. Why black holes would be an exception? I believe that the area of black holes is actually a manifestation of their entropy.

**Wheeler** (Beckenstein's thesis advisor) to Beckenstein: Your idea is just so crazy that it might actually be true..

**Hawking**: if a BH has entropy, it must have a temperature, and if it has a temperature it must radiate like a blackbody. But if nothing can escape from a BH, how can it radiate?













Whereas Stephen Hawking and Kip Thorne firmly believe that information swallowed by a black hole is forever hidden from the outside universe, and can never be revealed even as the black hole evaporates and completely disappears,

And whereas John Preskill firmly believes that a mechanism for the information to be released by the evaporating black hole must and will be found in the correct theory of quantum gravity,

Therefore Preskill offers, and Hawking/Thorne accept, a wager that:

When an initial pure quantum state undergoes gravitational collapse to form a black hole, the final state at the end of black hole evaporation will always be a pure quantum state.

The loser(s) will reward the winner(s) with an encyclopedia of the winner's choice, from which information can be recovered at will.



  
Stephen W. Hawking & Kip S. Thorne

  
John P. Preskill

Pasadena, California, 6 February 1997

- Джон Прескилл

«Находящаяся в **чистом квантовом состоянии** система, которая испытывает гравитационный коллапс, приводящий к возникновению черной дыры, будет пребывать в **чистом состоянии** и после испарения этой дыры».

# Information Loss in Black Holes

S.W.Hawking\*

*DAMTP, Center for Mathematical Sciences, university of Cambridge, Wilberforce Road, Cambridge CB3 0WA, UK*

The question of whether information is lost in black holes is investigated using Euclidean path integrals. The formation and evaporation of black holes is regarded as a scattering problem with all measurements being made at infinity. This seems to be well formulated only in asymptotically AdS spacetimes. The path integral over metrics with trivial topology is unitary and information preserving. On the other hand, the path integral over metrics with non-trivial topologies leads to correlation functions that decay to zero. Thus at late times only the unitary information preserving path integrals over trivial topologies will contribute. Elementary quantum gravity interactions do not lose information or quantum coherence.

PACS numbers: 04.70.Dy

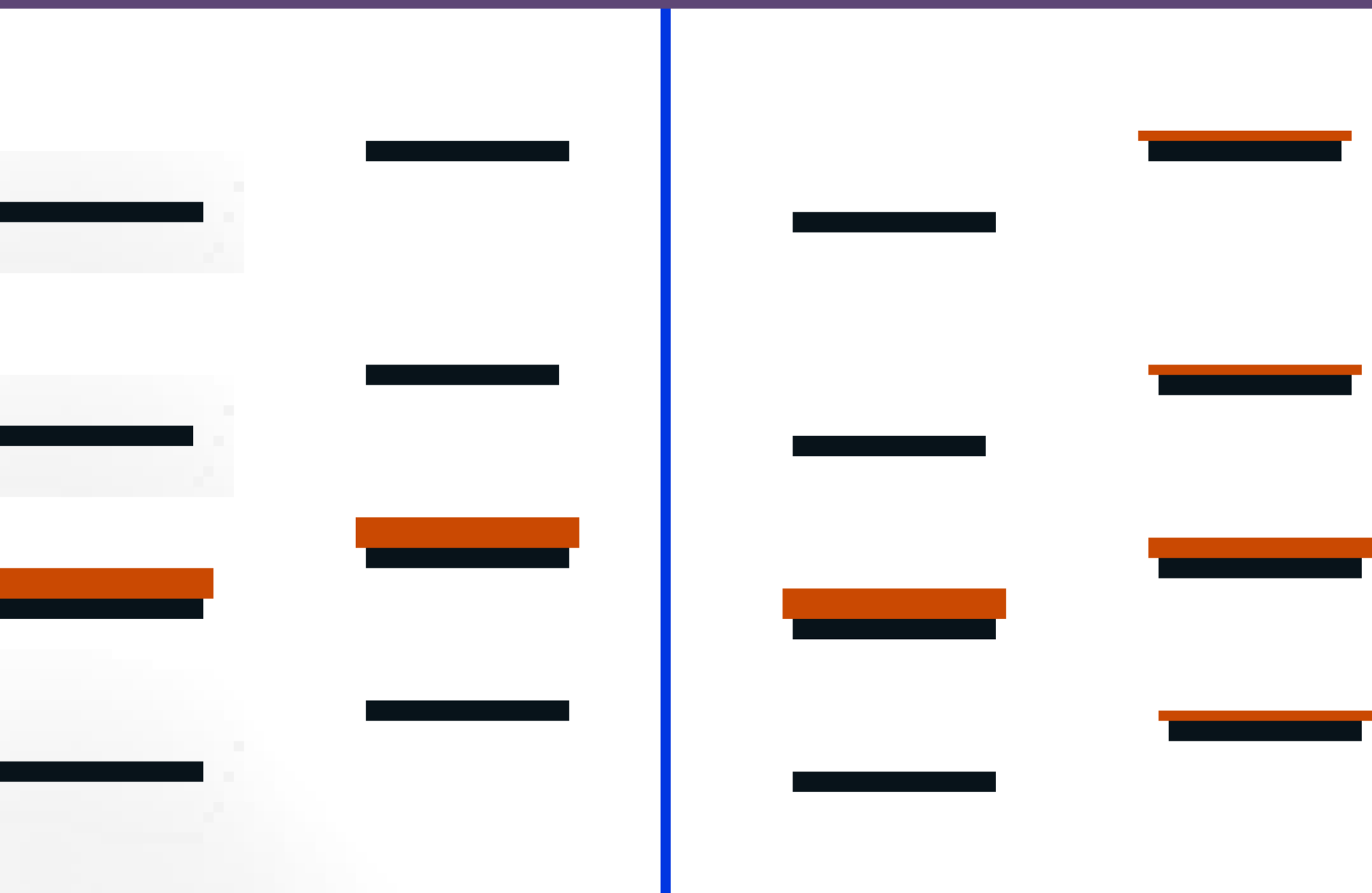
This loss of information wasn't a problem in the classical theory. A classical black hole would last for ever and the information could be thought of as preserved inside it, but just not very accessible. However, the situation changed when I discovered that quantum effects would cause a black hole to radiate at a steady rate [2]. At least in the approximation I was using the radiation from the black hole would be completely thermal and would carry no information [3]. So what would happen to all that information locked inside a black hole that evaporated away and disappeared completely? It seemed the only way the information could come out would be if the radiation was not exactly thermal but had subtle correlations. No one has found a mechanism to produce correlations but most physicists believe one must exist. If information were lost in black holes, pure quantum states would decay into mixed states and quantum gravity wouldn't be unitary.

- The Radiation from a black hole will carry away energy, so the black hole will lose mass, and shrink. Eventually, it seems the black hole will evaporate completely and disappear. This raised a problem that struck at the heart of physics. **My calculation showed that the radiation was exactly thermal and random**, as it has to be, if the area of the horizon is to be the entropy of the black hole. So how could the radiation left over carry all the information about what made the black hole? But if information is lost, this is incompatible with quantum mechanics. This paradox had been argued for thirty years without much progress, until I found what I think is its resolution. Information is not lost, but it is not returned in a useful way. It is like burning an encyclopedia. Information is not lost, but it is very hard to read. In fact, Kip Thorne and I had a bet with John Preskill on the information paradox. I gave John a baseball encyclopedia. Maybe I should have just given him the ashes. **Hawking, 2010**

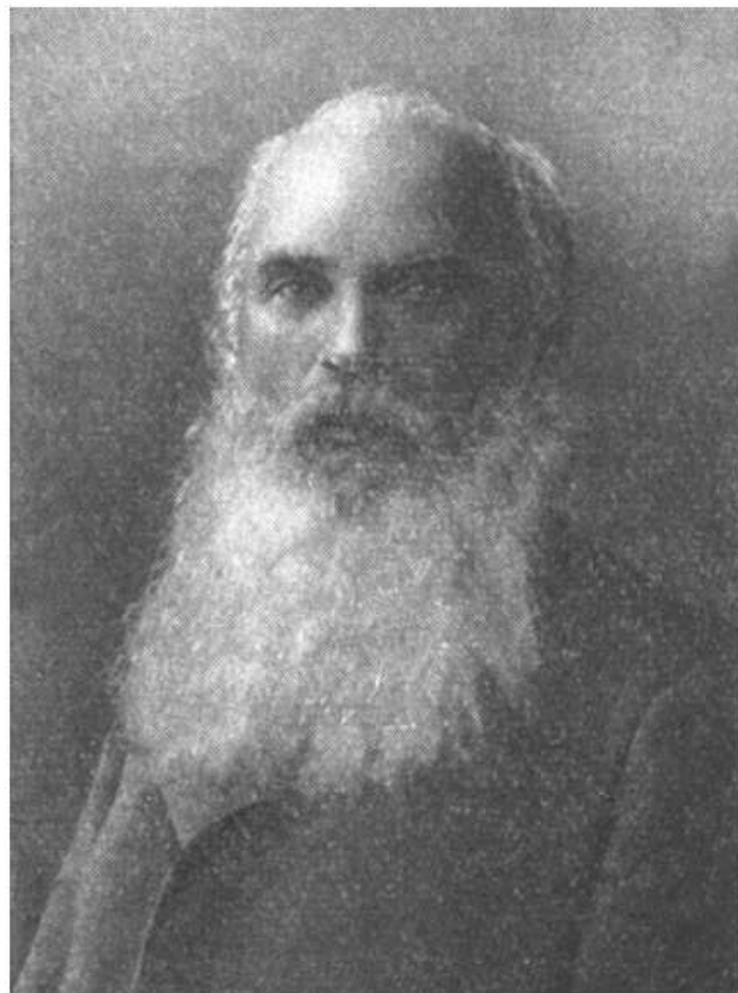




**Алексей Александрович Старобинский**



АДИАБАТИЧЕСКАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ



**Василий Петрович Ермаков  
(1845–1922)**

Дифференціальныя уравненія второго порядка. Условія интегрируемости въ  
конечномъ видѣ.

Изъ лекцій по интегрированію дифференціальныхъ уравненій.

1.

Линейныя дифференціальныя уравненія второго порядка съ переменными коэффициентами интегрируются въ конечномъ видѣ только въ весьма рѣдкихъ случаяхъ, рассмотримъ главнѣйшіе изъ этихъ случаевъ.

Прежде всего докажемъ, что, если извѣстенъ частный интегралъ уравненія

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + A \frac{\partial y}{\partial x} + By = 0,$$



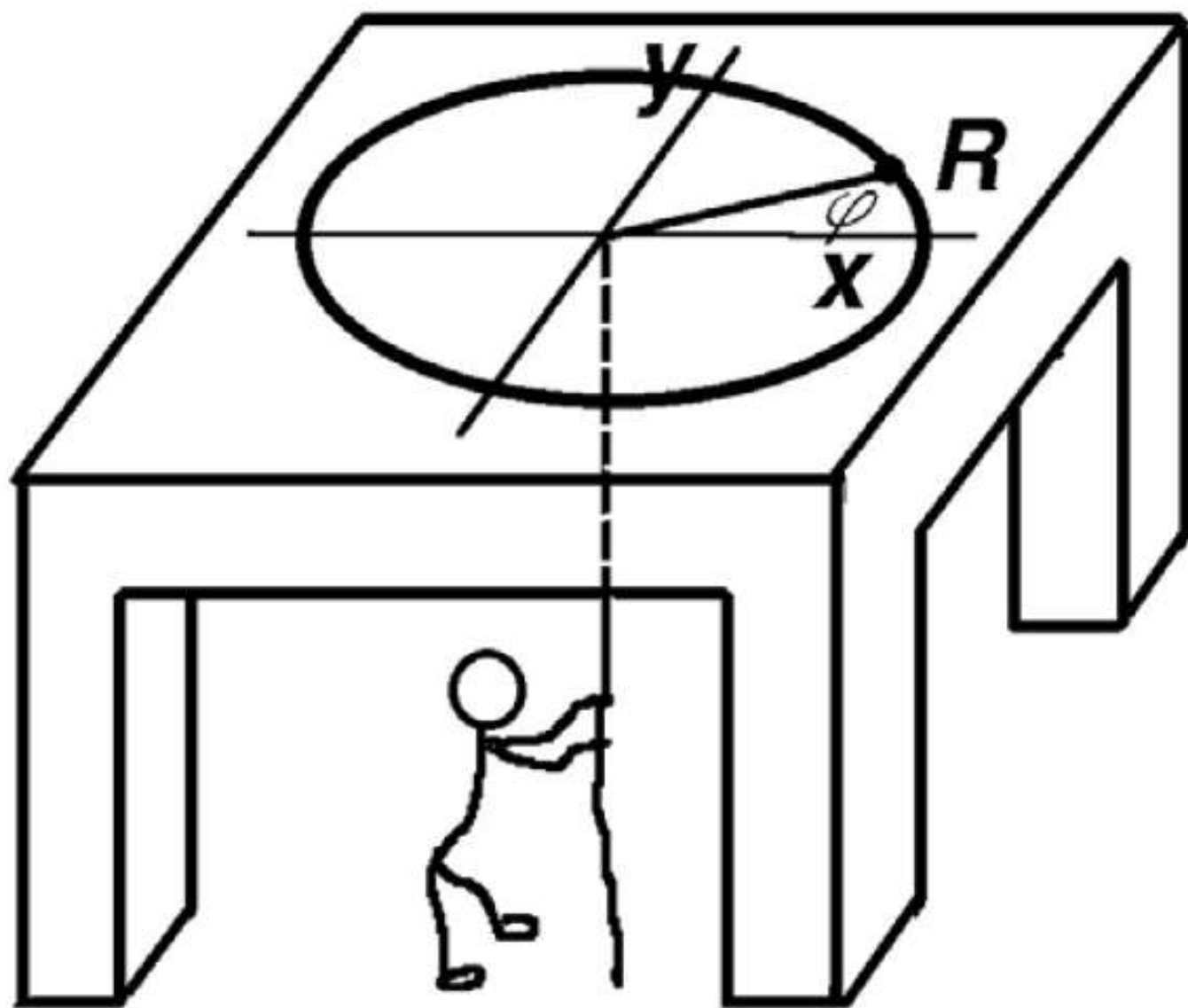
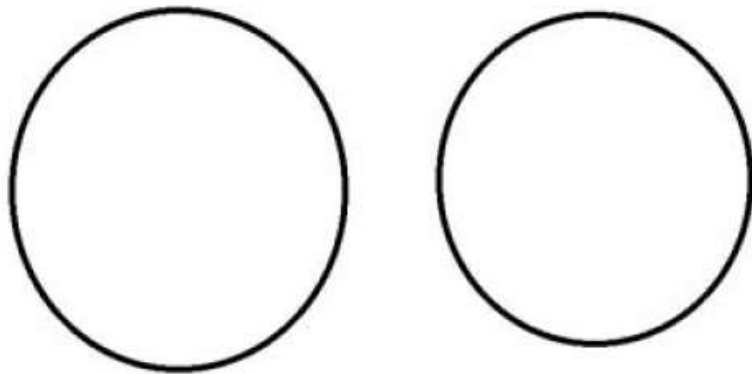


Рис. 1

$$z = re^{i\omega t}$$

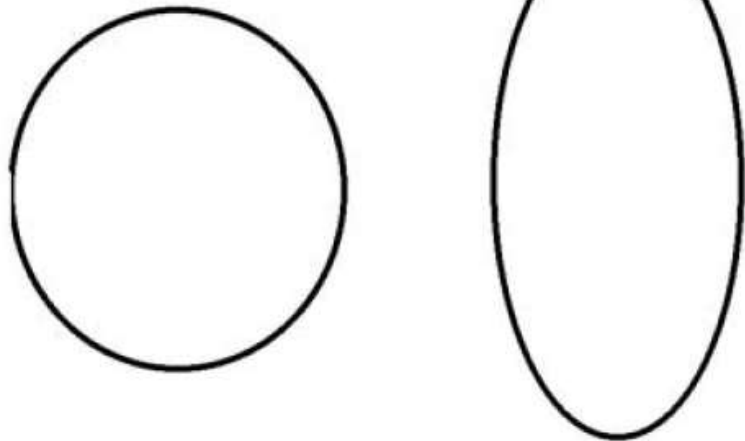


**Адиабатический инвариант  
сохраняется точно**



**Рис. 2**

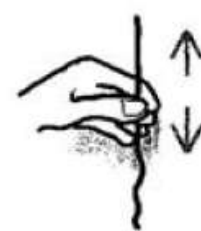
$$z = re^{i\omega t}$$



**Адиабатический инвариант  
не сохраняется**



$$z = r_1 e^{i\omega t} + r_2 e^{-i\omega t}$$



**Рис. 3**

## § 14. Второе начало термодинамики и адиабатические инварианты Больцмана

Редкое развлечение смотреть, как эти ученые немцы спорят по поводу приоритета открытия, будто второй закон термодинамики есть не что иное, как принцип Гамильтона.

*Из письма Дж. К. Максвелла к П. Тэту [126]*

**ETTORE MAJORANA AND MATVEI BRONSTEIN (1906-1938):  
MEN AND SCIENTISTS**

**YU.P. STEPANOVSKY**

*National Scientific Centre "Kharkov Institute of Physics and  
Technology"*

*1 Akademicheskaja Street, Kharkov — 61108, Ukraine*



*There are many categories of scientists in the world; people of second and third rank who do their best but do not go very far. There are people of the first class who make great discoveries, fundamental to the development of science. And then there are the geniuses like Galileo and Newton. Well, Ettore Majorana was one of these.*

*E. Fermi [1]*

*Men like Matvei Bronstein are born to beautify mankind and to highlight some outlines of the Universe.*

*V.Ya. Frenkel, G.E. Gorelik [2]*



Ettore Majorana

Foundation and Centre for Scientific Culture

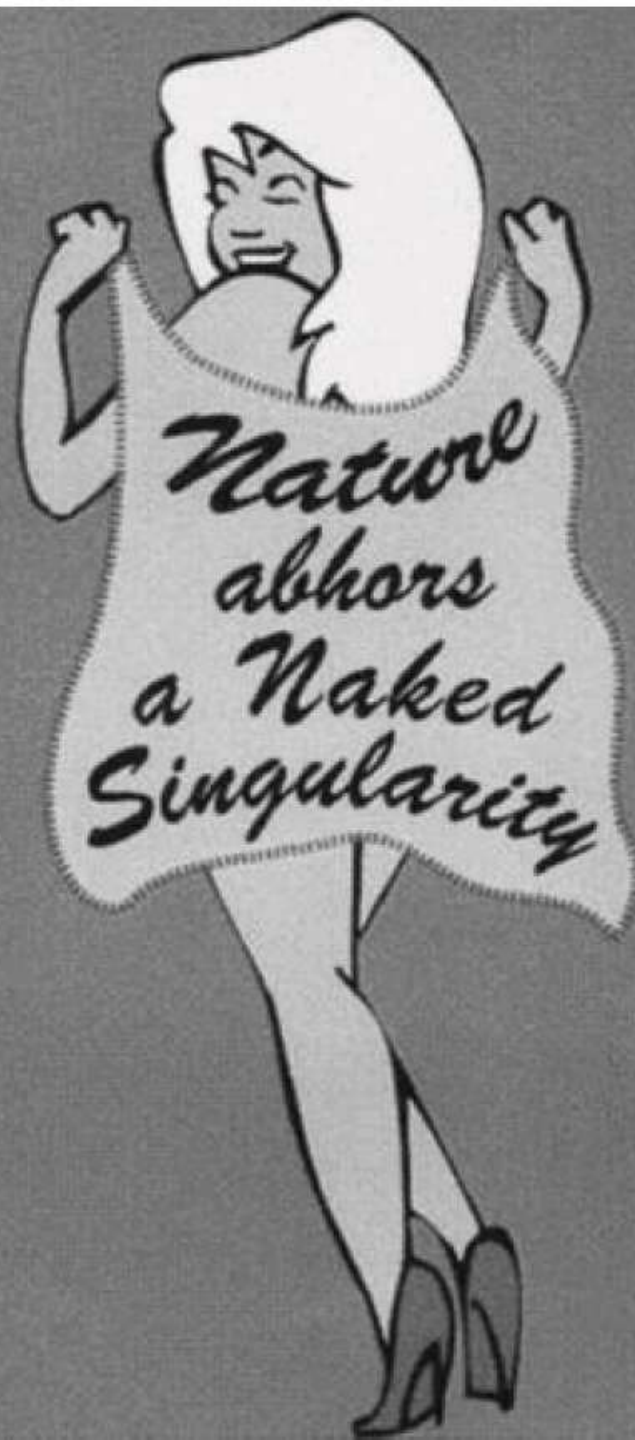
Yurii STEPANOWSKIH

**CRAKOW, Russia**

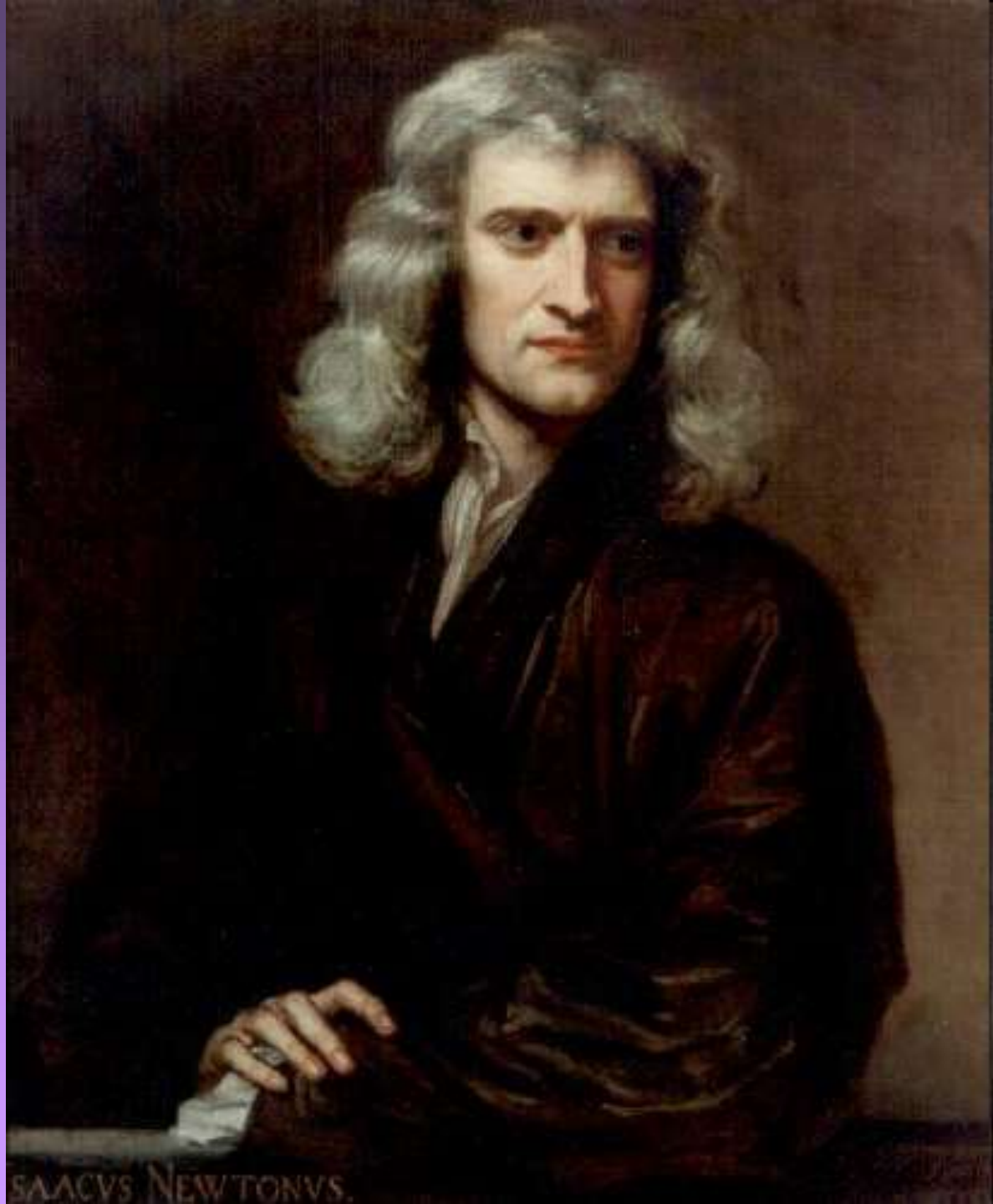
From 1918 to 1934 **Kharkov** was the capital of the Soviet Ukraine and in 1930 the Ukrainian Institute of Physics and Technology was founded there. It was known under the acronym '**UFTI**'. **Paul Ehrenfest**, **Niels Bohr**, **Boris Podolsky**, **Wolfgang Pauli**, **Paul Dirac**, **Pascual Jordan**, **Friedrich Houtermans**, **Walter Heitler**, **George Gamov**, **Leon Rosenfeld**, **Rudolf Peierls**, **Laszlo Tisza**, **Victor Weisskopf**, and many others lived and worked for some time in the city or took part in conferences on nuclear or theoretical physics that took place in **Kharkov**. One of the organizers of these conferences was **Matvei Bronstein**, a remarkable Leningrad physicist-theoretician, who had wide interests in astrophysics, cosmology, quantum gravitation, nuclear and semiconductor physics.

- **Black hole radiation, is it black?**

- Similar problems arise in the case of black hole radiation. As was shown by S.Hawking in his classical paper the black hole radiation is characterized by Plank's spectrum with some temperature. But Hawking's calculation, been technically more complicated, fundamentally is the same as our calculation. Existence of horizon, although very important for understanding the quantum theory of the black hole radiation, doesn't alter neither relations between creation and annihilation operators nor the formula for number of emitted photons  $n=0,2,4,6\dots$ . So the photon state in the theory of black hole radiation is the squeezed vacuum
  - **and not the black radiation.**



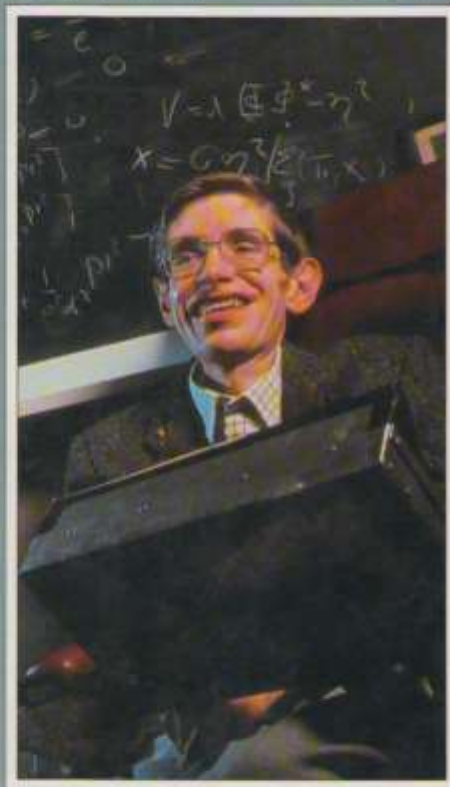




*Две молодые женщины гуляли в лесу. Увидели лягушку. Вдруг лягушка обращается к ним человеческим голосом: «Милые женщины, вы знаете, я – совсем не лягушка. Я – заколдованный физик. Если кто-нибудь из вас меня поцелует, я опять стану физиком.» Одна из женщин взяла лягушку и положила ее в свою сумочку. «Так ты ее поцелуешь?» – «Ни за что на свете! Никакой физик не зарабатывает столько денег, сколько говорящая лягушка!»*

# A BRIEF HISTORY OF TIME

FROM  
THE BIG  
BANG TO  
BLACK  
HOLES



STEPHEN  
W. HAWKING

INTRODUCTION BY CARL SAGAN



С. Хокинг

# От большого взрыва до черных дыр

Краткая история времени



Издательство «Мир»

СТИВЕН  
ХОКИНГ

Черные дыры  
и молодые вселенные



АМФОР

СТИВЕН  
ХОКИНГ  
и Роджер Пенроуз

АМФОР



ПРИРОДА  
ПРОСТРАНСТВА  
И ВРЕМЕНИ

Продолжение знаменитой дискуссии  
между Альбертом Эйнштейном и Нильсом Бором

СТИВЕН  
ХОКИНГ

Р. Пенроуз, А. Шимони, Н. Картрайт

Амфора



БОЛЬШОЕ, МАЛОЕ  
И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ РАЗУМ

Спор о физическом мире и мире идей

СТИВЕН ХОКИНГ

МИР  
В ОРЕХОВОЙ  
СКОРУПКЕ



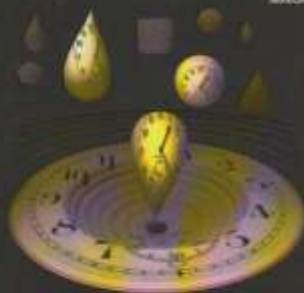
Нисколько тешки Виллиамс и Кристиан в Кристиане Кристиане

Амфора

СТИВЕН  
ХОКИНГ

и Леонард Млодинов

Амфора



КРАТЧАЙШАЯ  
ИСТОРИЯ  
ВРЕМЕНИ

«НОВЫЙ БЕСТСЕЛЛЕР ОТ АВТОРА «КРАТКОЙ ИСТОРИИ ВРЕМЕНИ»»  
«ЦВЕТНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ»  
«ПОСЛЕДНИЕ ДАННЫЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

СТИВЕН  
ХОКИНГ

Амфора



ТЕОРИЯ ВСЕГО

Происхождение и судьба Вселенной

СТИВЕН  
ХОКИНГ

и Леонард Млодинов

ВЫСШИЙ ЗАМЫСЛ





С. Хокинг

# От большого взрыва до черных дыр

Краткая история времени



Издательство «Мир»

# СТИВЕН ХОКИНГ

и Леонард Млодинов

АМФОРА



## КРАТЧАЙШАЯ ИСТОРИЯ ВРЕМЕНИ

- НОВЫЙ БЕСТСЕЛЛЕР ОТ АВТОРА «КРАТКОЙ ИСТОРИИ ВРЕМЕНИ» •
- ЦВЕТНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ •
- ПОСЛЕДНИЕ ДАННЫЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ •

СТИВЕН  
ХОКИНГ

Черные дыры  
и молодые вселенные



АМФОРА  
литература

СТИВЕН ХОКИНГ

МИР  
В ОРЕХОВОЙ  
СКОРЛУПКЕ



*Новейшие тайны Вселенной в кратком и красочном изложении*

издательство  
*амфора*



# СТИВЕН ХОКИНГ

и Роджер Пенроуз

АМФОРА



## ПРИРОДА ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Продолжение знаменитой дискуссии  
между Альбертом Эйнштейном и Нильсом Бором

# СТИВЕН ХОКИНГ

Р. Пенроуз, А. Шимони, Н. Картрайт

АМФОРА

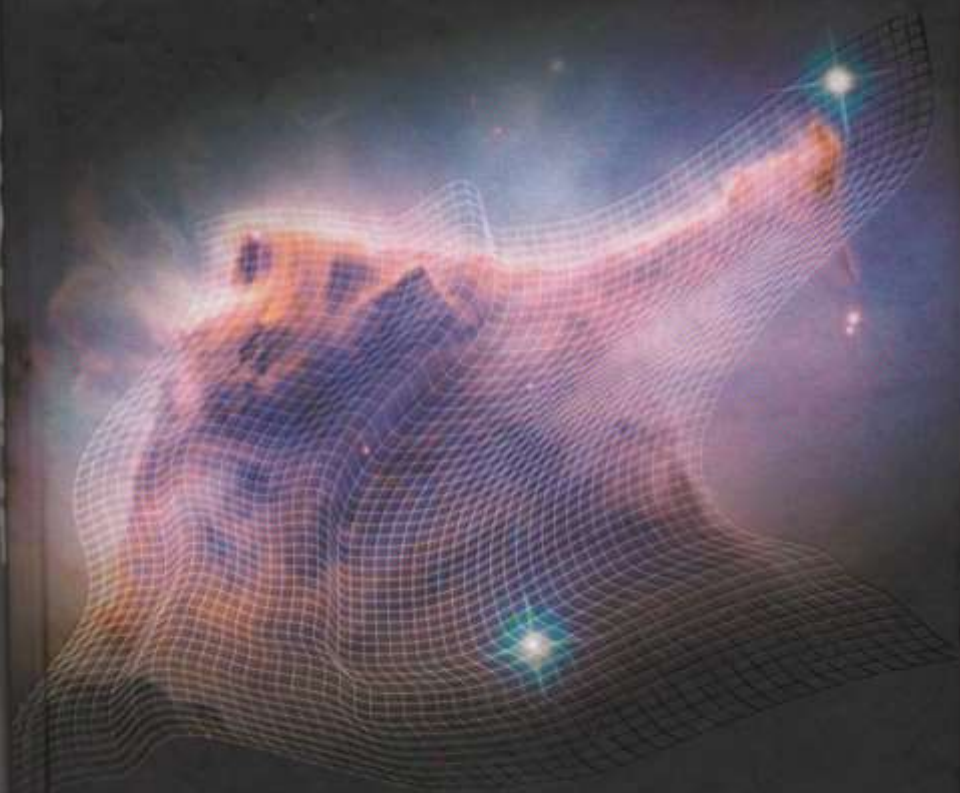


## БОЛЬШОЕ, МАЛОЕ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ РАЗУМ

Спор о физическом мире и мире идей

# СТИВЕН ХОКИНГ

АМФОРА



## ТЕОРИЯ ВСЕГО

Происхождение и судьба Вселенной



Династия

СТИВЕН  
**ХОКИНГ**

и Леонард Млодинов

**ВЫСШИЙ ЗАМЫСЕЛ**

Ф | амфора



ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ • СВЕТОЗВЁЗДЫ • МАССА • ЗЕМЛЯ • КОМЕТЫ • ПОЯС АСТЕРОИДОВ • СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА • ВЕЩЕСТВО • НЕЙТРОННАЯ ЗВЕЗДА • ПОЯС АСТЕРОИДОВ • СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА • ВЕЩЕСТВО • НЕЙТРОННАЯ ЗВЕЗДА • ТЕМПЕРАТУРА

Новое  
о чёрных  
дырах!

# ДЖОРДЖ И ТАЙНЫ ВСЕЛЕННОЙ



ЛЮСИ И СТИВЕН  
ХОКИНГ

32 СТРАНИЦЫ  
ЦВЕТНЫХ  
КОСМИЧЕСКИХ  
ФОТОГРАФИЙ

# ДЖОРДЖ И СОКРОВИЩА ВСЕЛЕННОЙ



ЛЮСИ  
и СТИВЕН

## ХОКИНГ

А ЖОРДА Ж И СТИВЕН



Квантовые сенсации, галактические приключения  
и поразительные сведения о Вселенной

# ДЖОРДЖ И БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ



32  
СТРАНИЦЫ  
ЦВЕТНЫХ  
ФОТОГРАФИЙ  
ИЗ  
КОСМОСА

**ЛЮСИ  
И СТИВЕН ХОКИНГ**

РУБЕЖИ НАУКИ

Р. ПЕНРОУЗ

А. ШИМОНИ, Н. КАРТРАЙТ, С. ХОКИНГ

# БОЛЬШОЕ, МАЛОЕ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ РАЗУМ



Издательство «МИР»

# СТИВЕН ХОКИНГ

Р. Пенроуз, А. Шимони, Н. Картрайт

АМФОРА



# БОЛЬШОЕ, МАЛОЕ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ РАЗУМ

Спор о физическом мире и мире идей





## РАБОТЫ ПО ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН

Известный главным образом как создатель специальной и общей теории относительности, Альберт Эйнштейн стал, пожалуй, самым знаменитым ученым XX века, воплощением человеческого гения. Он коренным образом изменил наши взгляды на материю, пространство и время. В эту книгу вошли четыре знаменитые статьи Эйнштейна и адресованная широкому читателю «Эволюция физики», написанная им совместно с Леопольдом Инфельдом.

БИБЛИОТЕКА СТИВЕНА ХОКИНГА

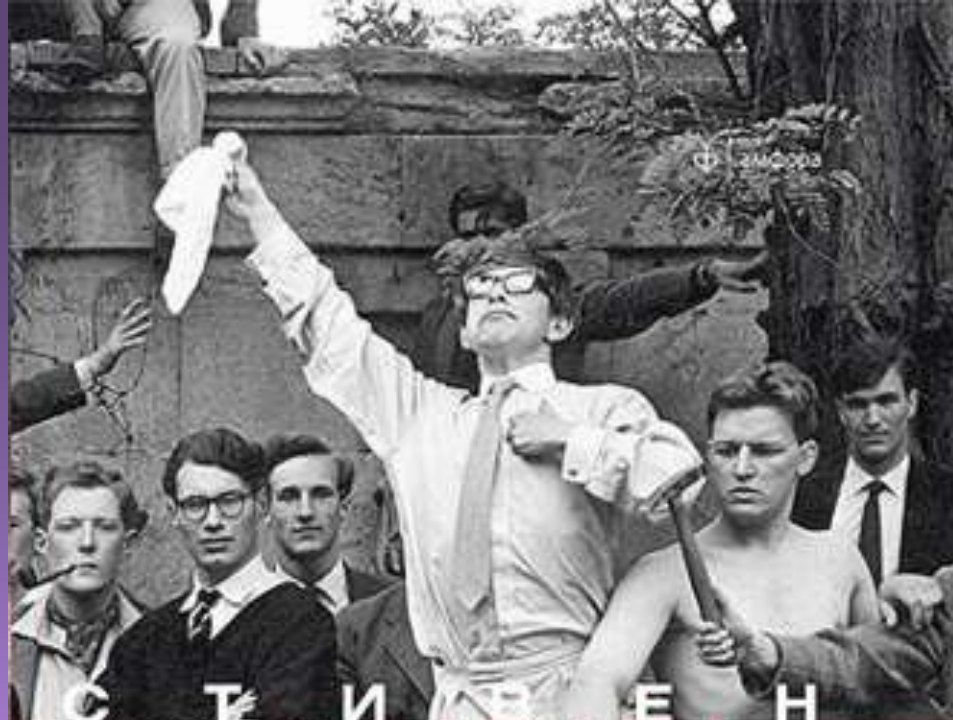


## О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК

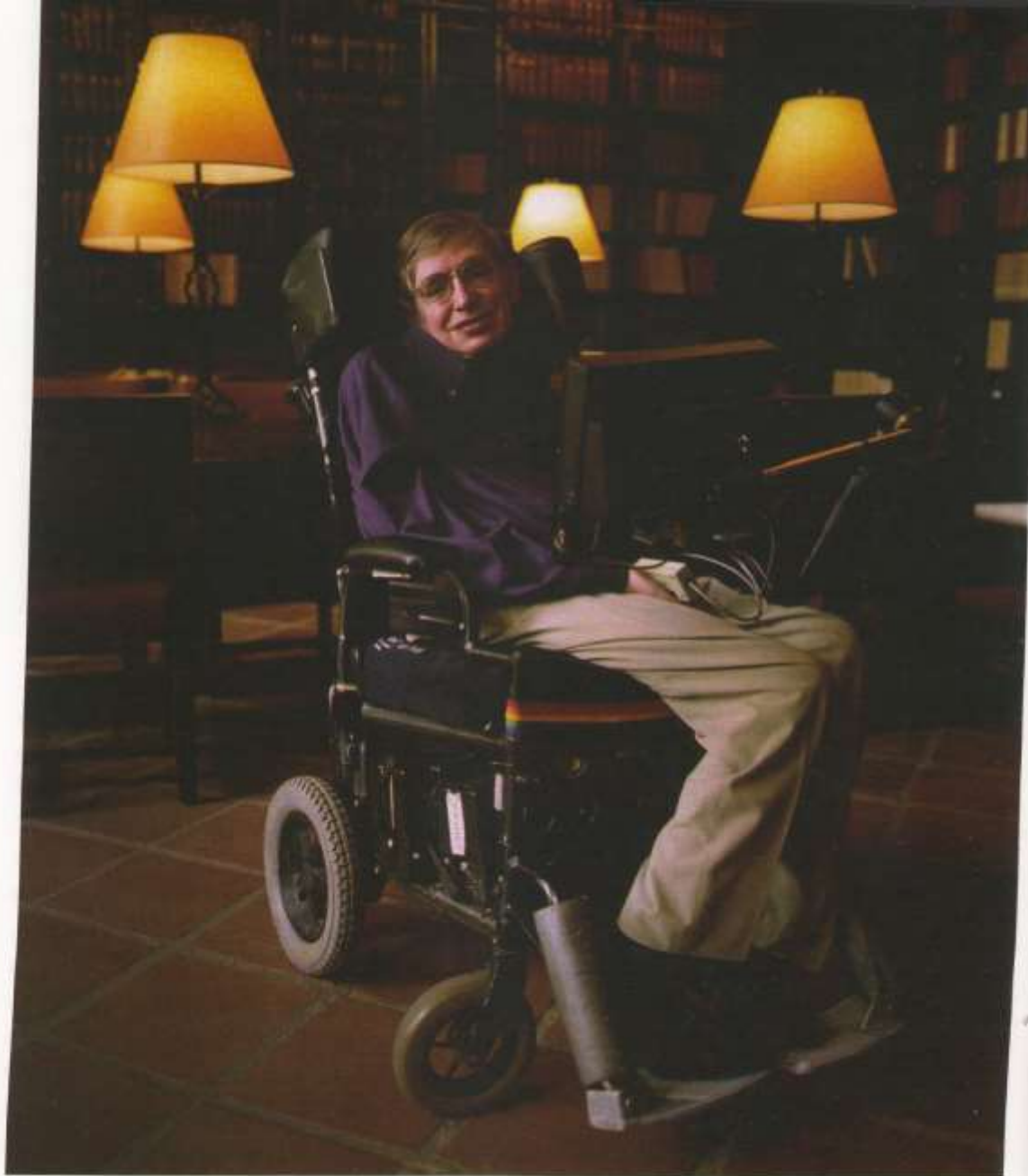
Когда в 1543 году вышел из печати трактат мало кому известного польского каноника Николая Коперника «О вращении небесных сфер», немногие понимали, какой переворот суждено произвести ему во взглядах на мироустройство. Провозгласив центром мира Солнце и положив тем самым конец долгому господству геоцентрической модели Аристотеля—Птолемея, учение Коперника направило астрономию по пути великих открытий.

БИБЛИОТЕКА СТИВЕНА ХОКИНГА



# СТИЛЕРЫ ХОКИНГ

МОЯ  
краткая история



«Меня часто спрашивают: как вы себя чувствуете с амиотрофическим боковым склерозом? Ответ простой: не очень-то»











## Джейн и Стивен

*С нетерпением ждешь его. Представляешь, как он придет, скажет: «Дорогая! Я не могу жить без тебя!» И вот он приходит, злой, мрачный. Хватает кусок старой газеты и весь вечер, не говоря ни слова, что-то пишет, пишет, пишет... Нет ничего хуже, чем быть женой великого ученого!*

Лаура Ферми об Энрико Ферми

Загадочная сущность мужчины – одна из сложнейших нерешенных проблем генетики, антропологии, психологии, философии. Однако, кое-что о мужчинах наука уже знает с определенностью:

1. Мужчины – это слабый пол.
2. Мужчины – дети от рождения и до глубокой старости.
3. Поскольку мужчины – пол слабый и вымирающий, их нужно беречь, несмотря на то, что они столь противны.



И в заключение — отрывок из интервью Стивена Хокинга, которое ученый дал 4 января 2012 года журналу *New Scientist* по случаю своего 70-летия.

*New Scientist:* О чем Вы больше всего думаете в течение дня?

*С. Хокинг:* О женщинах. Женщины для меня — это самая глубокая тайна.







ЯНУШ ЛЕОН  
ВИШНЕВСКИЙ

МАРЦЕЛИНКА

*В поисках Самого Главного*





$$e^{\pi \cdot i} + 1 = 0$$

The image shows the front cover of a book. The background is a painting of a person with dark hair, seen from behind, wearing a striped shirt. The person's hands are resting on their shoulders. The overall tone is somber and contemplative.

Януш Леон  
Вишне夫斯基

**Мир без мужчин,  
даже если и  
возможен,  
был бы не очень  
хорош —  
слишком пуст,  
скучен  
и печален ...**

зачем  
нужны мужчины?