

# Теория Физического Вакуума. I

(Развитие представлений о Физическом Вакууме)

**Шипов Геннадий**  
**Институт Физики Вакуума**  
**29.10.2011**

[www.shipov-vacuum.com](http://www.shipov-vacuum.com)



# Содержание презентаций

1. Развитие представлений о Вакууме
2. Уравнения Физического Вакуума и Всеобщий принцип относительности
3. Новые потенциалы
4. Квантовая механика полей инерции
5. Механика Декарта (теория и эксперимент)
6. Электродинамика Тесла (теория и эксперимент)
7. Поля инерции и психофизика



# 5000 лет назад - У панишадь о Вакууме

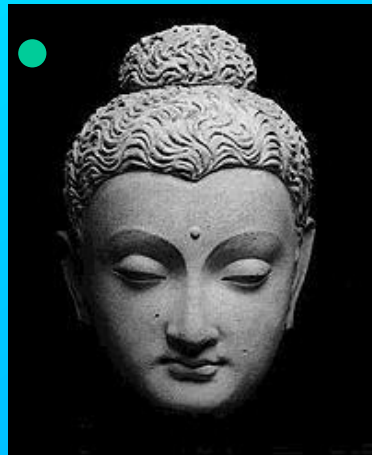
Каков источник  
этого Мира?

Пространство, - ответил тот-  
поистине все эти  
существа выходят из пространства  
и возвращаются в пространство,  
ибо пространство больше их,  
пространство - последнее их  
убежище.



# Вакуум в Античности

## Уровни Реальности

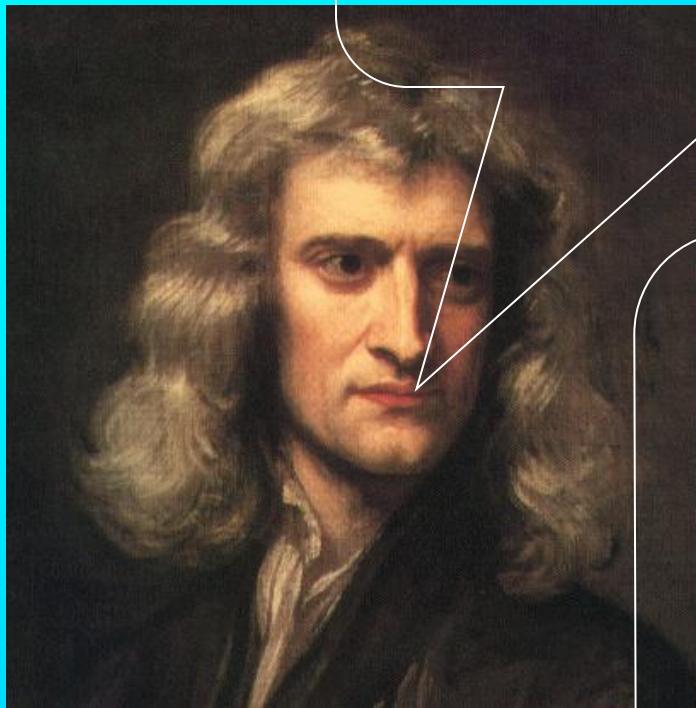


Будда (6<sup>th</sup> в. ВС)

Современная физика

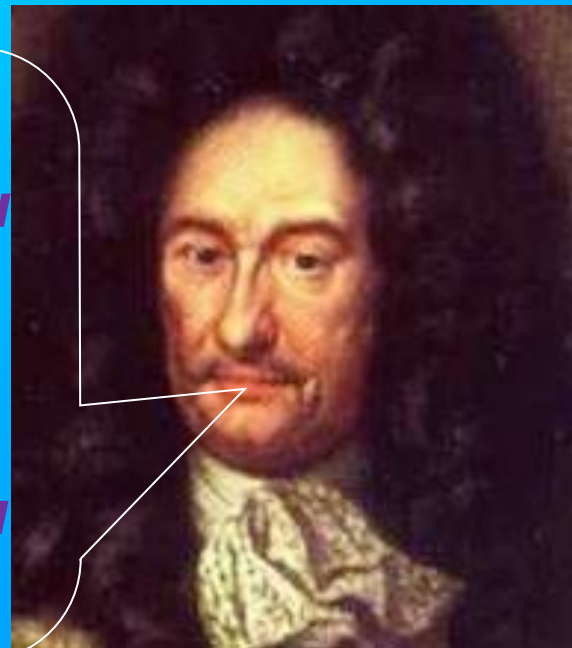
# Дебаты о природе пространства волновали величайшие умы просветителей

*Пространство является инструментом Бога. Оно абсолютно и существует независимо от материи.*



Исаак Ньютон  
(1642-1727)

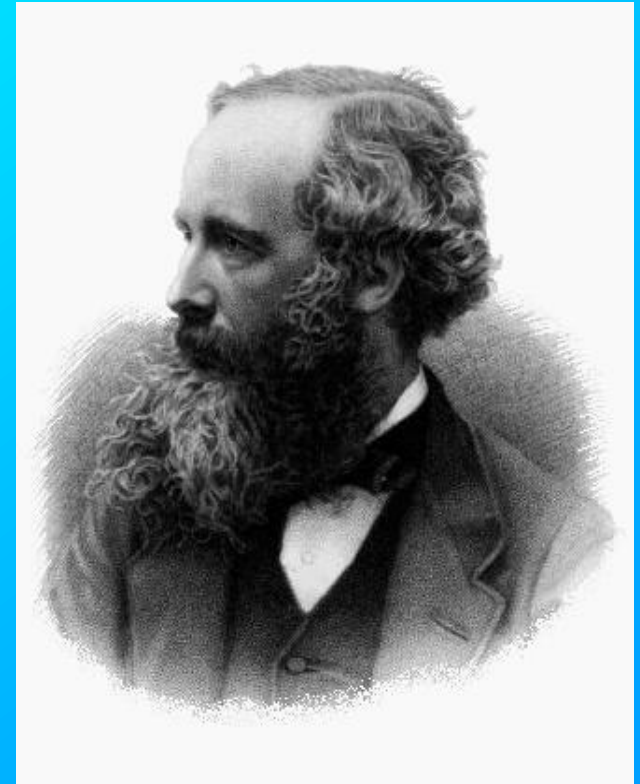
*Пространство относительно и мыслится как отношения между материальными объектами*



Готфрид Вильгельм  
Лейбниц (1646-1716)

# Электромагнитные волны и Эфир

- Мы знакомы со многими типами волн: волны на воде , звуковые волны...
- Для каждого вида волн необходима среда (вода, воздух, ...) в котором они распространяются.
- В 1863, Джеймс Клерк Максвелл показал, что свет представляет собой электромагнитные волны.
- “Очевидно,” что свет также должен распространяться в физической среде. Эта среда была названа Эфиром.



**James Clerk Maxwell**  
(1831-1879)

# Специальная теория относительности (1905)

- Эйнштейн возвел отрицательный результат эксперимента Майкельсона-Морли в фундаментальный принцип природы: Эфир не существует и:

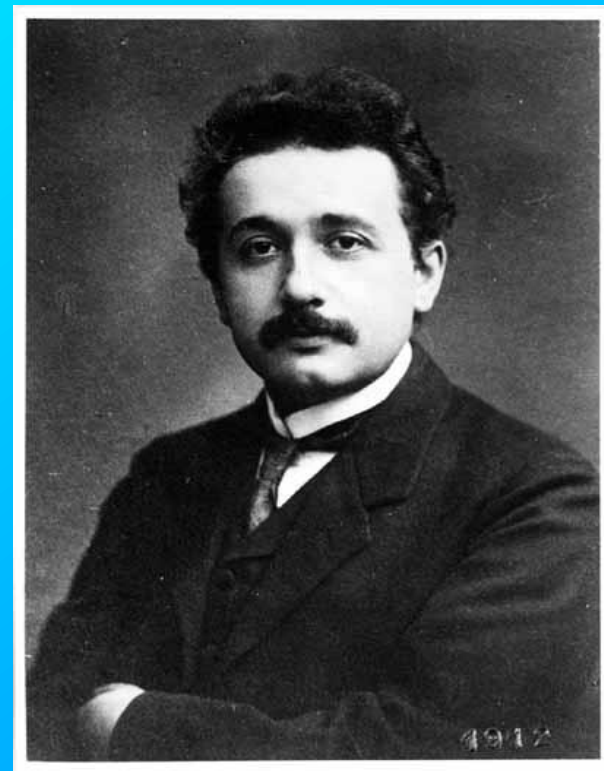
*Скорость света постоянна, независима от движения источника или наблюдателя .*

Это принудило его трактовать “пространство” и “время” как единое пространство-время:

Пространство

Время

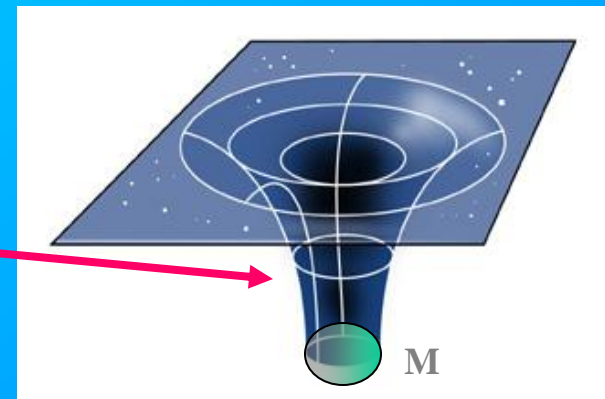
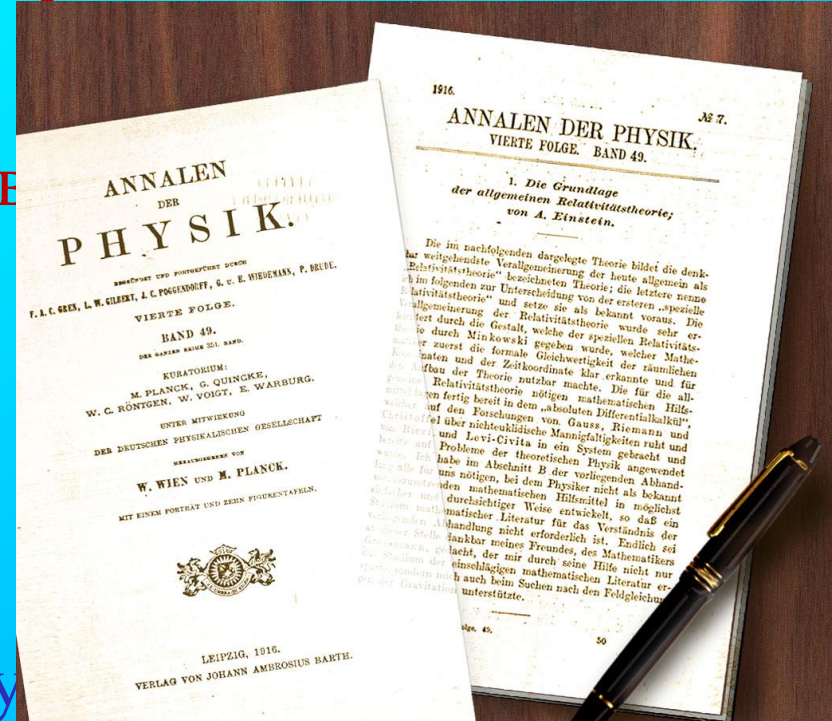
Пространство-время



*Albert Einstein (1879-1955)*

# Общая Теория Относительности (1915)

- Материя деформирует пространство-время; падающий объект движется в соответствии с прямыми линиями в искривленном 4D пространстве-времени.
- “Пространство говорит материи как двигаться; материя говорит пространству как искривляться.”
- Есть Эфир – Физический Вакуум, обладающий свойствами эластичности.

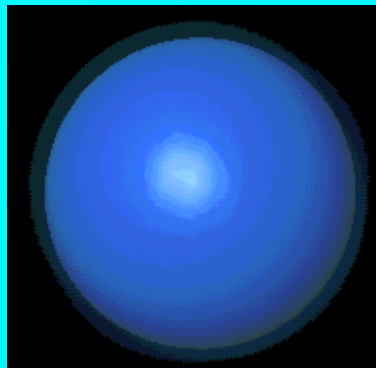




# Резюме по релятивистскому Вакууму

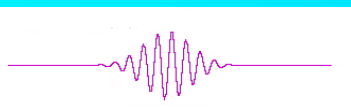
- Играет активную роль в развитии физики.
- Геометрия Вакуума не евклидова.
- Вакуум описывается уравнениями, которые подтверждаются экспериментально.
- Пространство может изменяться.  
Статическая Вселенная недостижима.  
Динамика пространства-времени определяет судьбу Вселенной.

# Волновая механика Шредингера (1926)



$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V\Psi$$

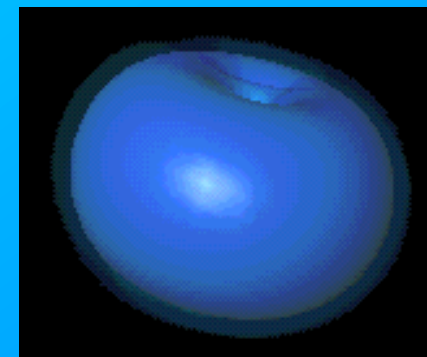
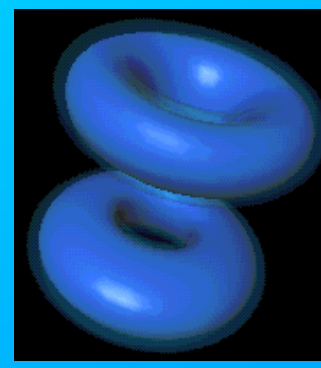
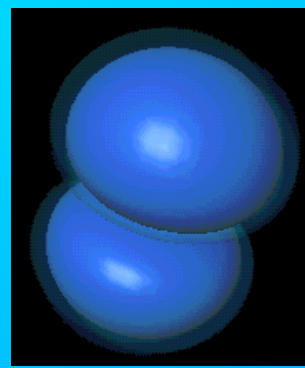
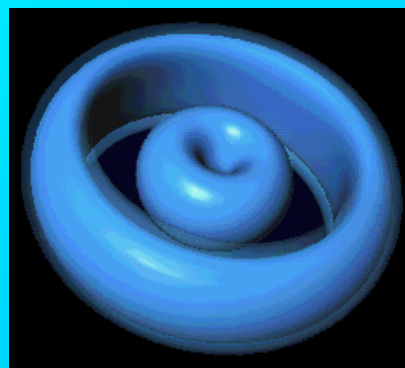
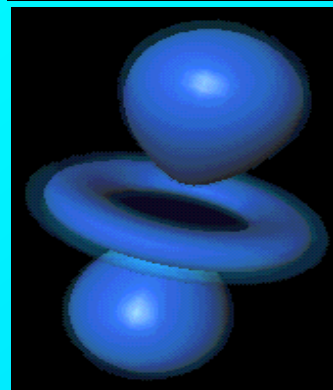
Волна - Частица



*Erwin Schrödinger*  
(1887-1961)

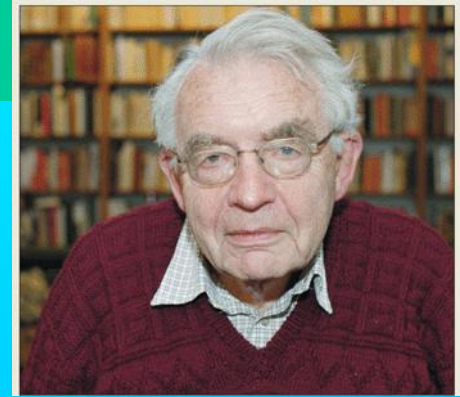


**Уравнение Шредингера описывает  
структуру атомов**



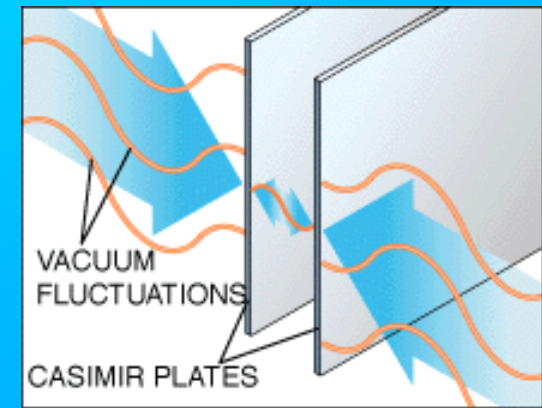
*Paul Dirac* **Квантовая электродинамика – самая точная  
(1902-1984) теория, известная человечеству,  
предсказывающая измерения с точностью до  
девятого знака после запятой.**

# Вакуумная энергия



Hendrik Casimir (1909-2000)

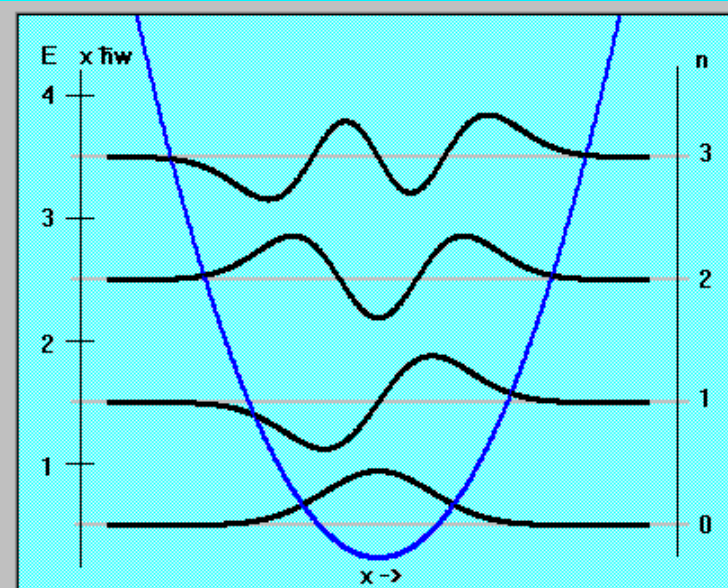
## Эффект Казимира



*Вакуум «кипит» флюктуациями электромагнитного поля*

## Квантовый осциллятор

$$E_n = (n + \frac{1}{2})h\omega \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$



Минимум возможной энергии квантового осциллятора есть:

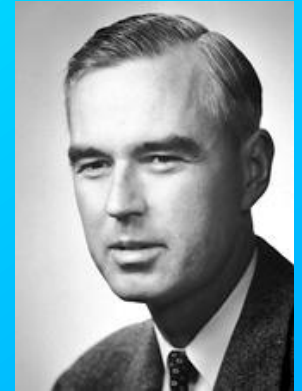
$$E_0 = \frac{1}{2} h\omega.$$

Эта энергия носит название энергия нулевой точки.

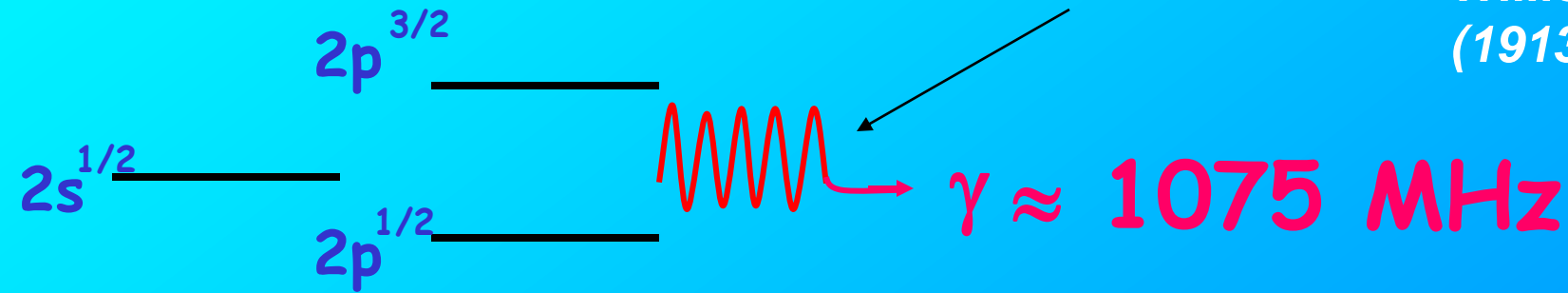
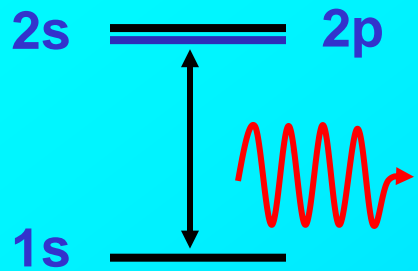
# Лэмбовский сдвиг

в атоме водорода  
возникает в результате:

вакуумных флуктуаций  
(излученных и поглощенных  
виртуальных фотонов)



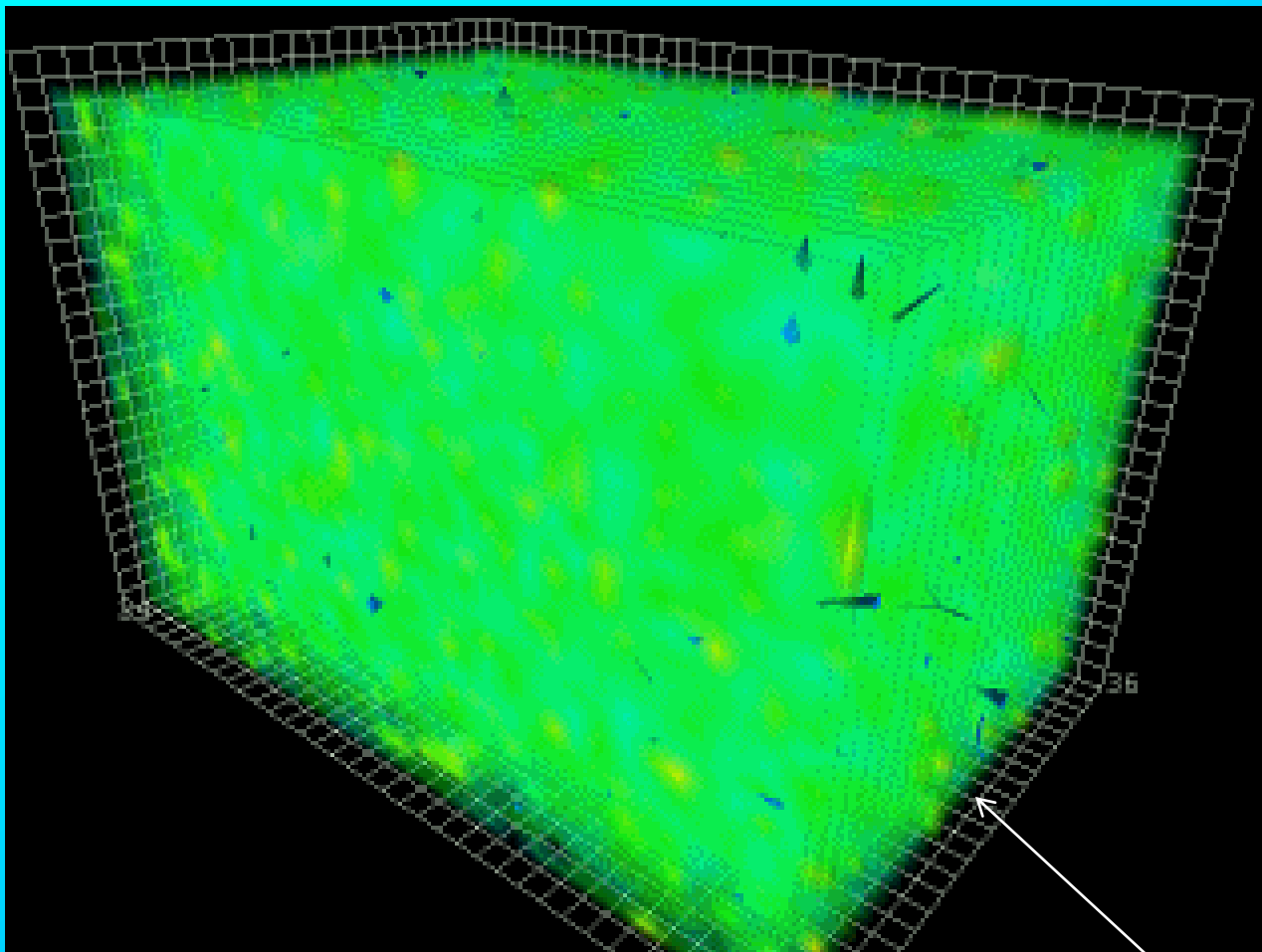
*Willis Lamb*  
(1913-2008)



# Анимация флуктуаций Физического Вакуума



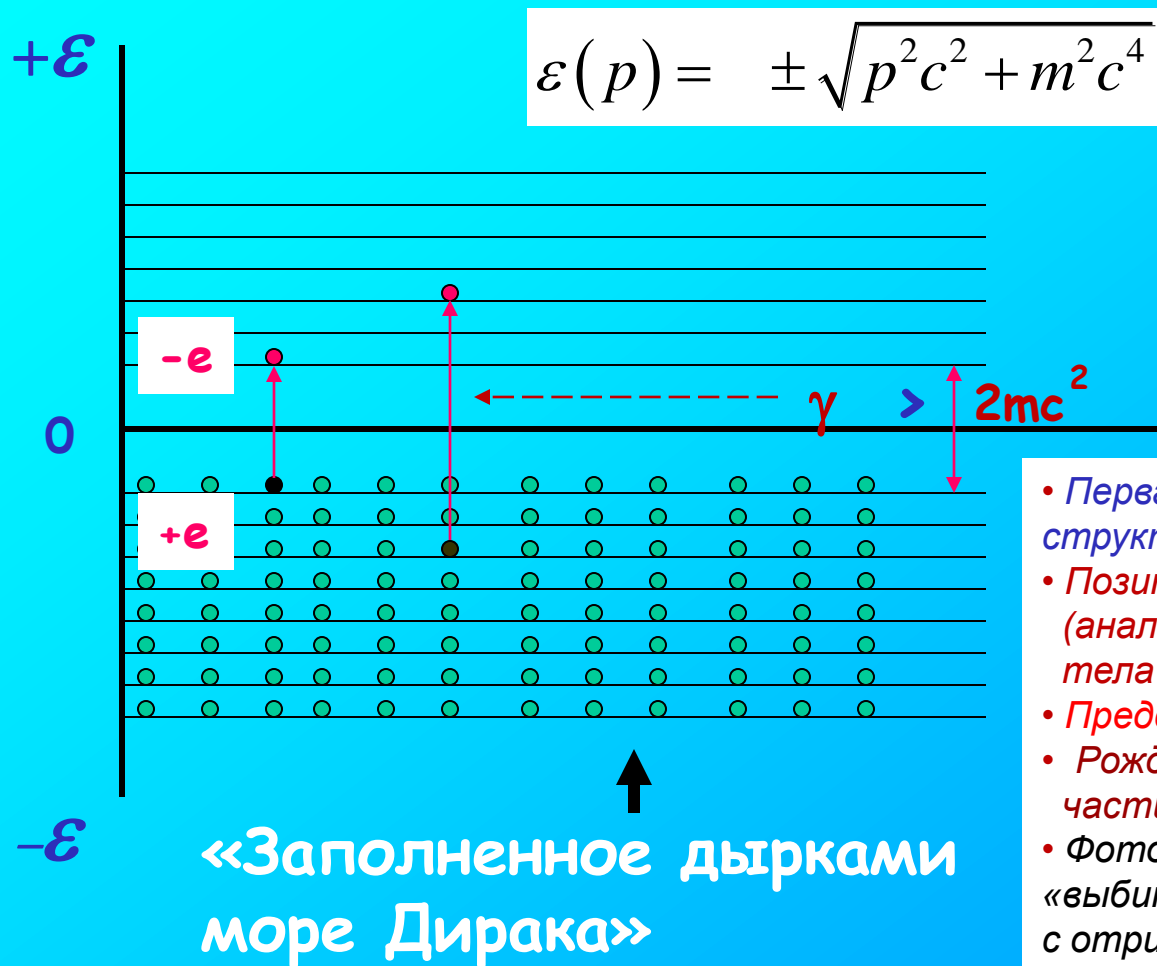
$$\ell_p = 16.163 \times 10^{-36} \text{ m}$$



$$\ell_p = (\hbar G / c^3)^{1/2} - \text{Планковская длина}$$

Увеличение  $10^{34}$

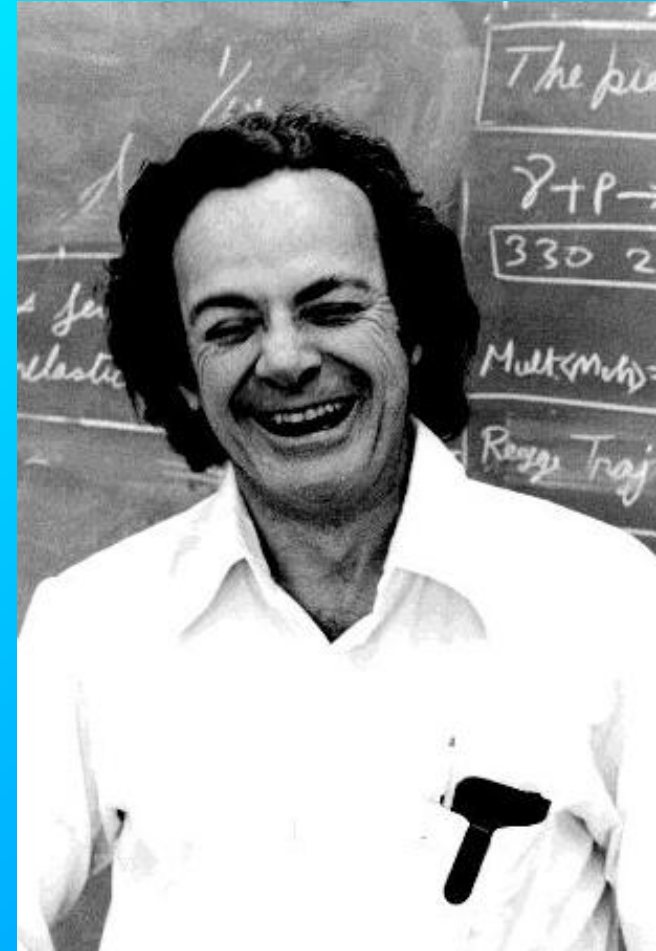
# Электрон-позитронный вакуум Дирака



- Первая модель для структуры Вакуума - море Дирака
- Позитрон = дырка в море электронов (аналогия: физика твердого тела – металлы)
- Предсказание античастиц
- Рождение пар частица-античастица
- Фотон с энергией  $2 mc^2$  может «выбить» электрон из состояния с отрицательной энергией в состояние с положительной энергией

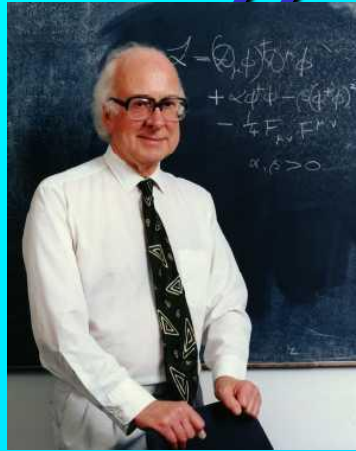
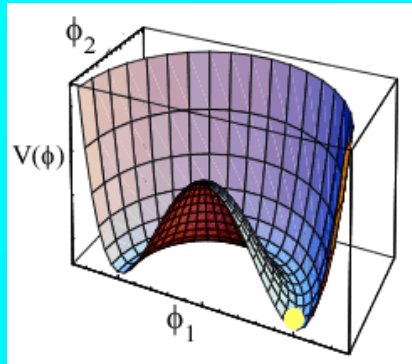
# Квантовые поля

- Относительность встречает квантовую механику: все есть осциллятор!
- Каждый тип частиц (фотоны, электроны,...) описываются полем, заполняющим все пространство.
- В каждой точке пространства поле имеет возможность колебаться с любой частотой.
- Вакуум представляет собой море квантовых осцилляторов.

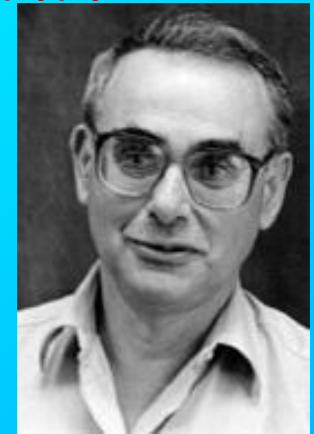
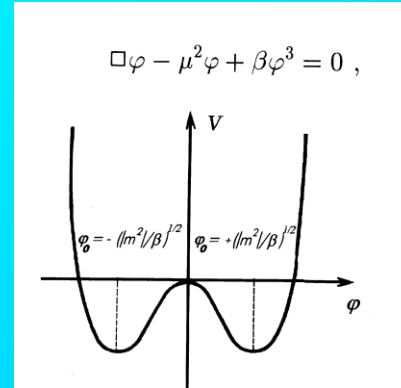


*Richard Feynman (1918-1988)*

# Спонтанное нарушение симметрии Вакуума



Peter Higgs



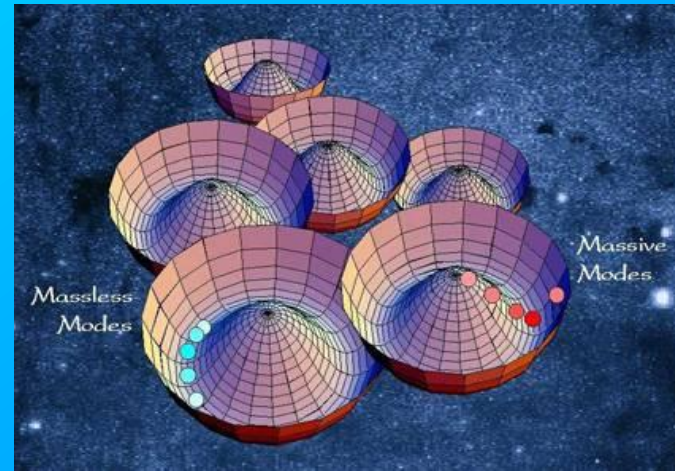
Jeffrey Goldstone

**Теорема Гольдстоуна**  
 В природе каждой симметрии, которая не относится к симметрии основного состояния, соответствует элементарная частица.

$$V(\phi) = -|\mu^2| |\phi|^2 + \lambda (|\phi|^2)^2$$

$$\mu^2 < 0$$

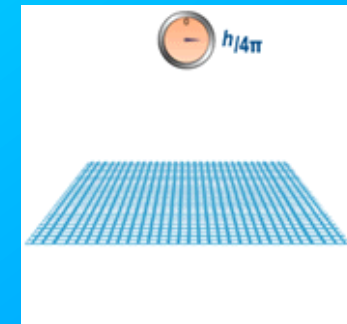
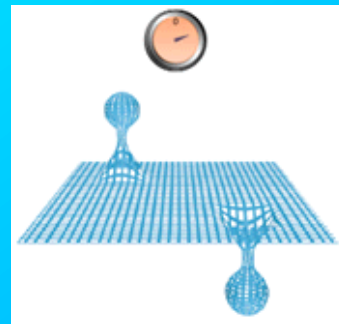
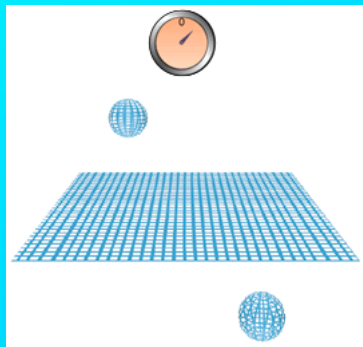
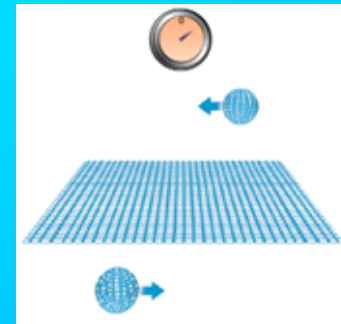
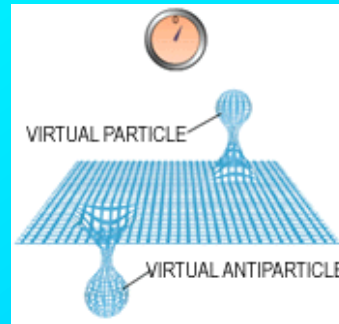
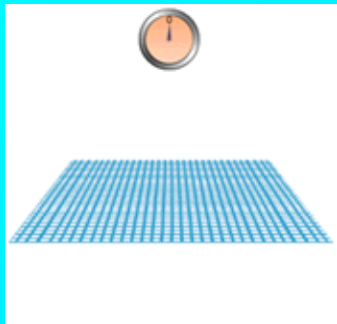
Масса бозона Хигса  
 $m_H = (-2\mu^2)^{1/2}$   
 Частица Бога





# Виртуальные и реальные частицы

Основной закон сохранения Вакуума  $0=0$



Никакой закон физики не нарушен если виртуальные частицы аннигилируют в течение определенного времени

# Энергия Вакуума:

- Учитывая квантовую природу Вакуума, совсем не очевидно, что плотность энергии Вакуума - ноль.
- Мы можем попытаться вычислить энергию Вакуума,  $E_{vac}$ , складывая энергию нулевых колебаний всех квантовых осцилляторов полей в некоторой области.

**Теория:**

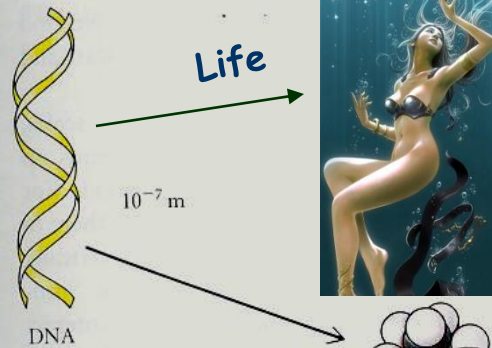
$E_{vac}$   бесконечность (простейшие расчеты)

$E_{vac} = 10^{55}$  ( расчеты по суперсимметрии)

**Реальность:**  $\langle E \rangle_{vac} \approx 0$

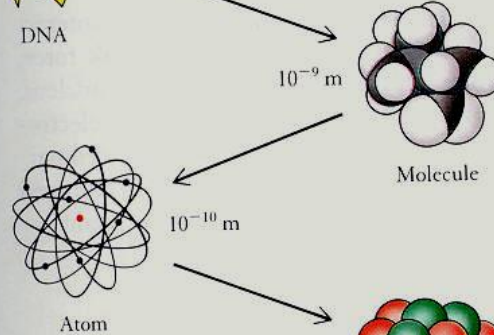
# Из чего мы состоим ?

**ДНК**



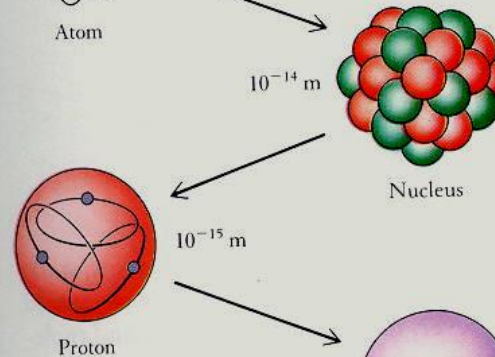
**Жизнь**

**Атом**



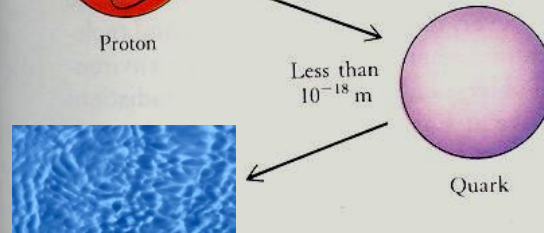
**Молекула**

**Протон**



**Ядро**

**Вакуум**



**Кварк**

**Мы представляем собой высоко организованный Вакуум!**

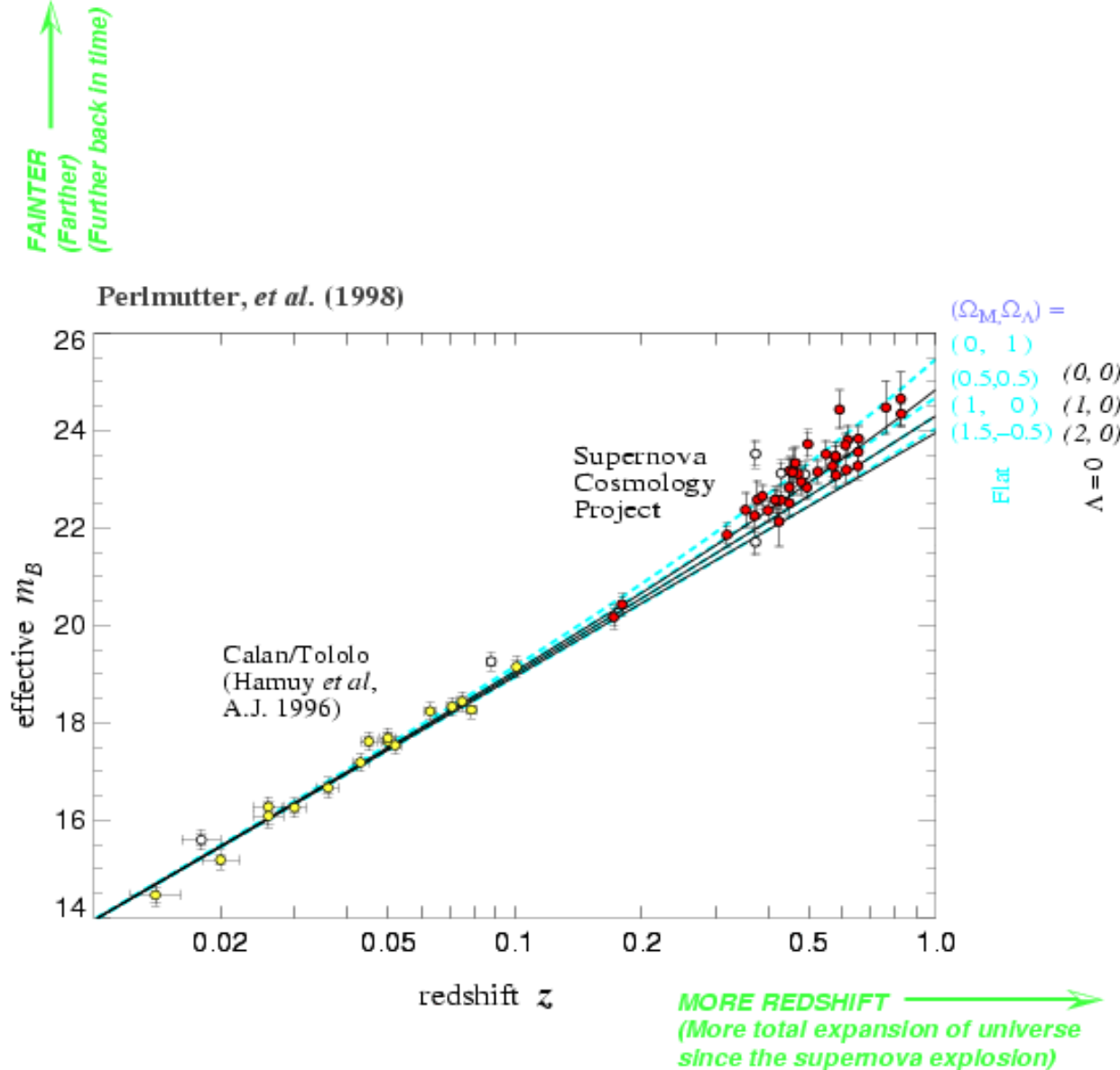
# Резюме по Квантовому Вакууму

- Заполнен полями, соответствующими каждому типу частиц.
- Существует поле, описывающее потенциал, обеспечивающий рождение реальных частиц.
- В отсутствии реальных частиц квантовые флуктуации полей означают, что Вакуум не пустота, а представляет собой море «виртуальных частиц».
- Энергия вакуумных флюктуаций бесконечна.

# Темная энергия - это энергия Физического Вакуума в космосе

*Perlmutter et al., 1998*  
*Riess et al., 1998*

Вселенная расширялась медленнее в отдаленном прошлом!



In flat universe:  $\Omega_M = 0.28 [\pm 0.085 \text{ statistical}] [\pm 0.05 \text{ systematic}]$

Prob. of fit to  $\Lambda = 0$  universe: 1%

# Темная энергия

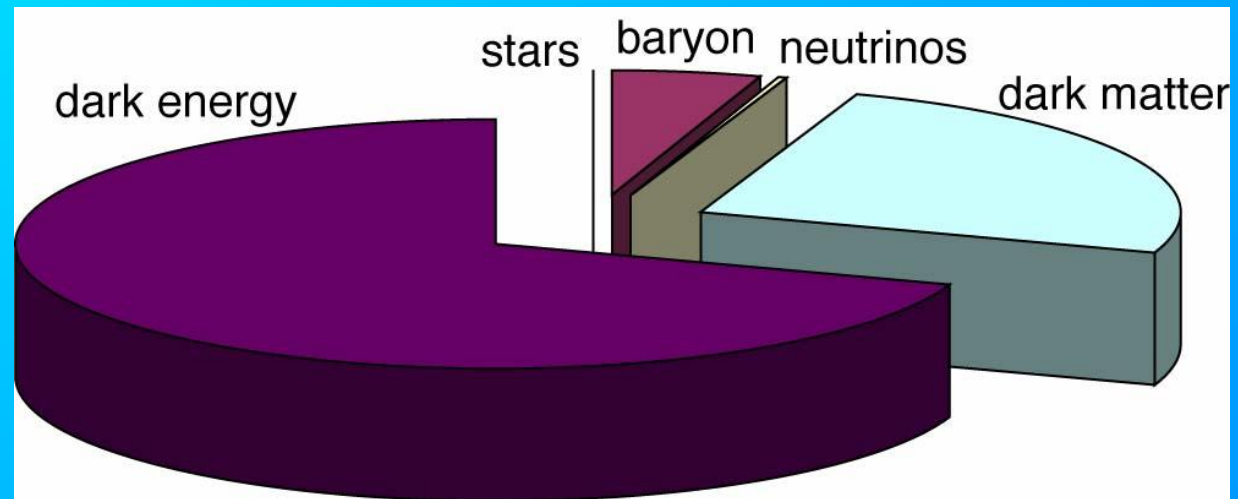
- Оказывается, у Вакуума есть плотность энергии, отличная от нуля, которая вызывает ускоренное расширение Вселенной.
- Данные (Февраль 2003):

$$E_{\text{vac}} = 0.73 \pm 0.04$$

- Этот результат говорит о том, что почти  $\frac{3}{4}$  плотности энергии Вселенной определяется не материей или излучением, а самим Вакуумом!
- Космологическая константа – самое большое научное наследство Эйнштейна?

# Энергетический бюджет Вселенной

- Звезды и галактики только  $\sim 0.5\%$  !
- Нейтрино  $\sim 0.3\text{--}10\%$
- Остальная обычная материя (электроны и протоны)  $\sim 5\%$
- Темная материя  $\sim 30\%$
- Темная энергия (энергия космического Вакуума)  $\sim 65\%$
- Антиматерия  $\sim 0\%$



# Резюме по релятивистскому и квантовому Вакууму

Вакуум – это динамическая среда, которая:

- Образует единое пространство-время .
- Искривлена материей, причем это искривление определяет движение материи.
- Представляет собой море виртуальных частиц, созданных квантовыми флуктуациями.
- Содержит ненулевую плотность энергии, которая составляет  $\sim 70\%$  энергии Вселенной. Природа этой “Темной энергии” почти полностью неизвестна.
- Темная энергия вызывает ускоренное расширение Вселенной.

**Самая горячая проблема физики на сегодняшний день – объединить релятивистский и квантовый Вакуумы!**



# 1. Спинорные уравнения Гейзенберга

$$\nabla_{\beta\dot{\chi}} l_{\alpha} = \nu o_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \lambda o_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \mu o_{\alpha} l_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \pi o_{\alpha} l_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \\ - \gamma l_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \alpha l_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} + \beta l_{\alpha} l_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \varepsilon l_{\alpha} l_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}}, \quad (\dot{A}_s^+ .1)$$

$$\nabla_{\beta\dot{\chi}} o_{\alpha} = \gamma o_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \alpha o_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \beta o_{\alpha} l_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \varepsilon o_{\alpha} l_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \\ - \pi l_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \rho l_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} + \sigma l_{\alpha} l_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \kappa l_{\alpha} l_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}}, \quad (\dot{A}_s^+ .2)$$
$$\alpha, \beta \dots = 0, 1, \quad \dot{\chi}, \dot{\gamma} \dots = \dot{0}, \dot{1},$$

## 2. Спинорные уравнения Эйнштейна

$$2\Phi_{\dot{A}\dot{B}\dot{C}\dot{D}} + \Lambda \varepsilon_{\dot{A}\dot{B}} \varepsilon_{\dot{C}\dot{D}} = \nu T_{\dot{A}\dot{C}\dot{B}\dot{D}}, \quad (\dot{B}_s^+ .1)$$

## 3. Спинорные уравнения Янга-Миллса

$$C_{\dot{A}\dot{B}\dot{C}\dot{D}} - \partial_{\dot{C}\dot{D}} T_{\dot{A}\dot{B}} + \partial_{\dot{A}\dot{B}} T_{\dot{C}\dot{D}} + (T_{\dot{C}\dot{D}})_{\dot{A}}^{\dot{F}} T_{\dot{F}\dot{B}} + (T^+_{\dot{D}\dot{C}})_{\dot{B}}^{\dot{F}} T_{\dot{A}\dot{F}} - \\ - (T_{\dot{A}\dot{B}})_{\dot{C}}^{\dot{F}} T_{\dot{F}\dot{D}} - (T^+_{\dot{B}\dot{A}})_{\dot{D}}^{\dot{F}} T_{\dot{C}\dot{F}} - [T_{\dot{A}\dot{B}} T_{\dot{C}\dot{D}}] = -\nu J_{\dot{A}\dot{C}\dot{B}\dot{D}}, \quad (\dot{B}_s^+ .2)$$
$$A, B \dots = 0, 1, \quad \dot{B}, \dot{D} \dots = \dot{0}, \dot{1},$$

плюс уравнения  $\bar{A}_s^+, \bar{B}_s^+, \bar{A}_s^-, \bar{B}_s^-, \bar{A}_s^-, \bar{B}_s^-$ .

**Благодарю за внимание!**



**Продолжение следует**

**в презентации**

**Теория Физического Вакуум II**

