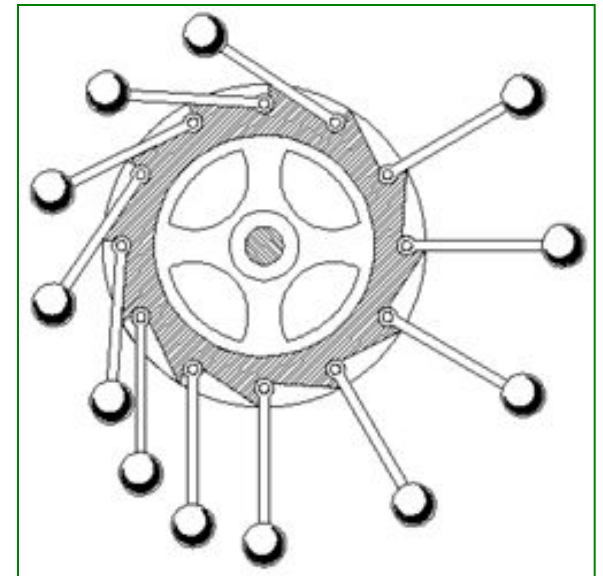


# МЕХАНИКА

Лекция \_ 2

14 сентября 2020 г.



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

### Список литературы:

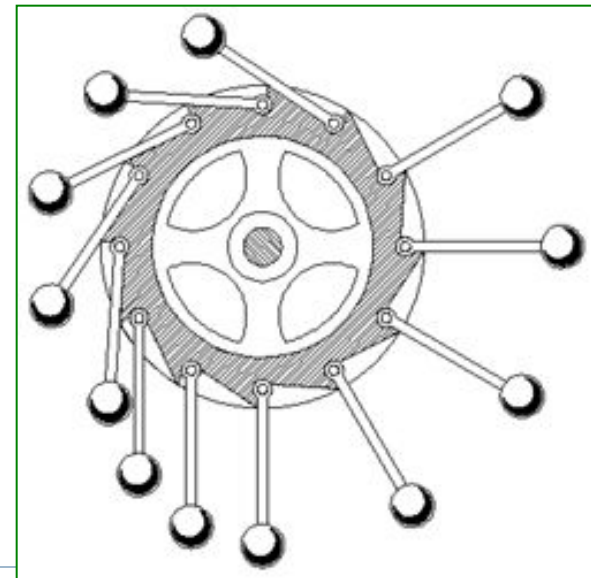
А.Н. Матвеев. Механика и теория относительности. -М. -1986 г.

Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Механика. -Т.1. -М. -1988 г.

Ч. Киттель и др. Берклевский курс физики. Механика.-М. -1983.

И.Е. Иродов. Основные законы механики.-М. – 1985.

И.В. Савельев. Курс общей физики.-Т.1-2.- М. 1982.



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

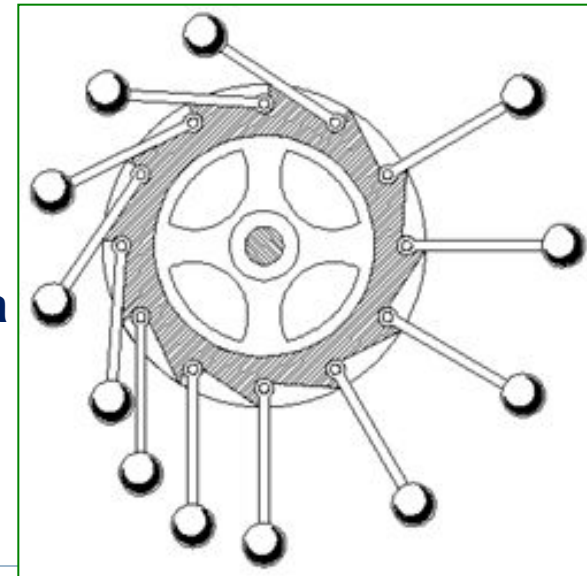
### Термины и определения:

**Физика** (Physis (греч.) – природа) – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи и закономерности ее движения.

**Механическое движение** – перемещение тел в пространстве-времени.

**Механика** – наука о механическом движении тел

**Разделы Механики:** статика, кинематика, динамика



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

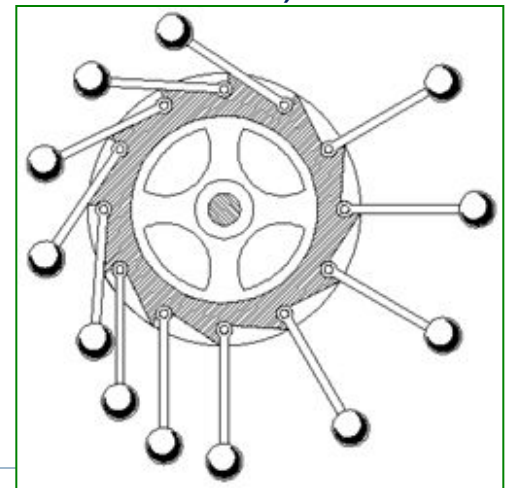
### Физические законы

**Физический закон** — эмпирически установленная и выраженная в строгой словесной и/или математической формулировке устойчивая связь между повторяющимися явлениями, процессами и состояниями тел и других материальных объектов в окружающем мире.

Выявление физических закономерностей (повторяемости явлений) составляет основную задачу физики!

Фундаментальные законы

Частные законы



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

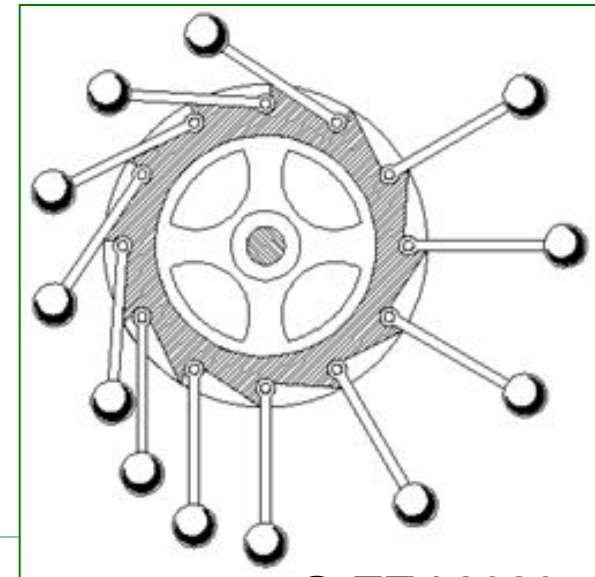
### Физические величины:

**Физическая величина** — физическое свойство материального объекта, физического явления, процесса, которое может быть охарактеризовано количественно.

**Значение физической величины** — число, вектор или в самом общем случае тензор, характеризующие эту физическую величину, с указанием единицы измерения, на основе которой эти числа, вектор или тензор были определены.

**Размер физической величины** — число (числа), фигурирующие в значении физической величины.

**Размерность физической величины** — единица измерения физической величины.



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

Процесс познания в физике:

**Эксперимент**

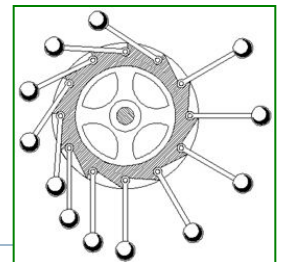
**Теория**

**Практика**

Физика – наука экспериментальная!



Как всякую научную работу, и работу в области физики можно разделить на три части: первая — цель и задачи исследования, вторая — методы достижения этой цели и третья — полученные результаты и их значение.



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

### Способы определения Физических величин:

-Из математических соотношений:

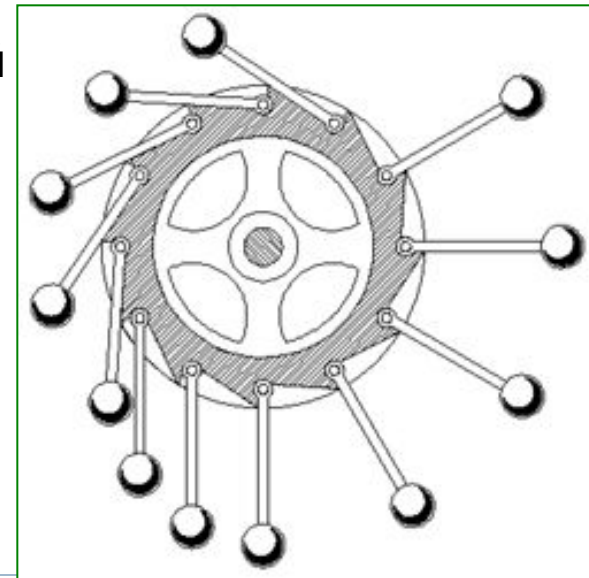
$$V = S / T; \quad a = dv/dt$$

-

- Из сравнения с Эталоном

**Эталон** - (франц. etalon) - мера или измерительный служащий для воспроизведения, хранения и передачи единиц какой-либо величины.

Эталон, утвержденный в качестве исходного для страны, называется Государственным эталоном...



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

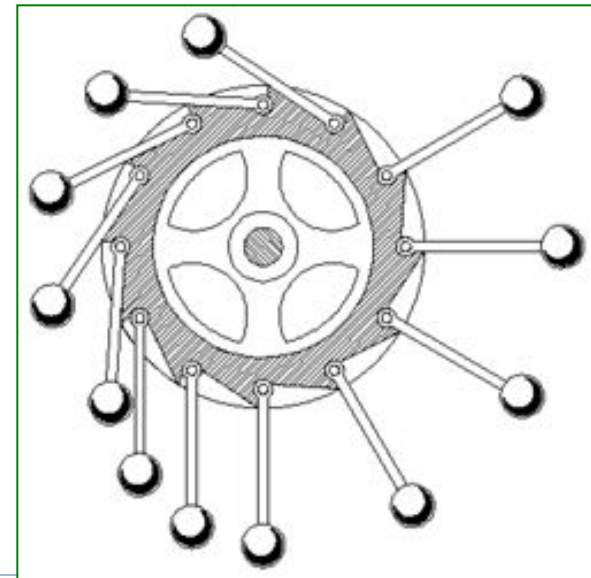
### Измерение Физических величин:

Выражение физической величины числом называется Измерением.

**Измерение** – сравнение физической величины с какой-либо одной, принятой за единицу.

$$A = k_a * e_a ;$$

$e_a$  - единица физической величины;  
 $k_a$  - безразмерное число.





# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

### Основные Физические величины:

Если Физическая величина определяется из отношения, то ее размерность зависит от размерности основных физических величин

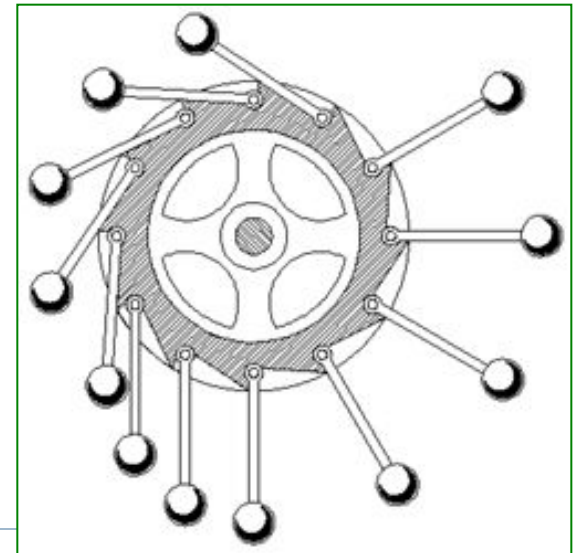
$$S = k * V * t$$

**Если**  $S$  и  $t$  - основные величины, то размерность  $V$  определится из  
 $[V] = [S]/[t] = L^1 T^{-1} = \text{м/с}$

**Если**  $S$ ,  $L$  и  $t$  все основные величины, то коэффициент  $k$  будет размерным.

$$[k] = L^1 T^{-1} V^{-1}$$

Основные единицы определяются из сравнения с эталоном!



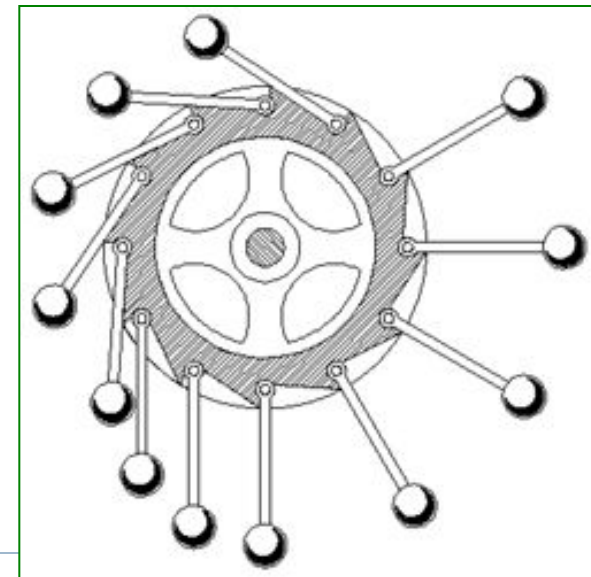
# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

### Эталон массы:

1889 год, Международное бюро мер и весов

1 Кг = масса цилиндра диаметром 39 мм и такой же высоты из платино-иридиевого сплава.



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

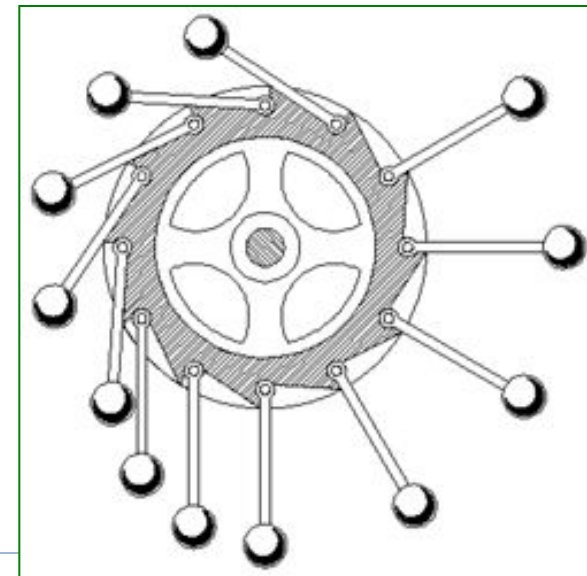
## МЕХАНИКА

### Эталон длины:

Платино-иридиевая мера -  $1/4$  Земного меридиана = 10001954,5 м

В 1975 году:

1 м = путь, проходимый в вакууме плоской э-м волной за  $1/299792458$  долей секунды.



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## МЕХАНИКА

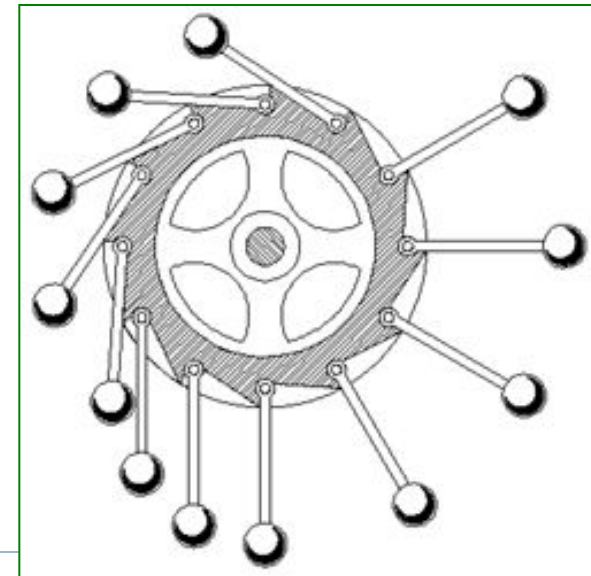
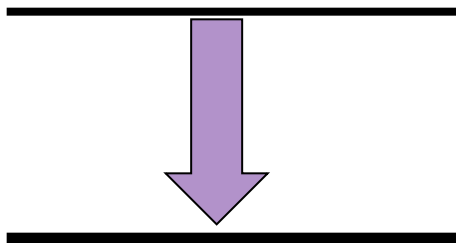
### Эталон времени:

Тропический год (1956)

1 С = 1/31556925,9747 Тропического года в 1900 г.

С 1967 года.

1 С =  $9,192631770 \cdot 10^9$  колебаний излучения между уровнями сверхтонкой структуры  $F=4 - F=3$  основного состояния атома  $^{133}\text{Cs}$



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

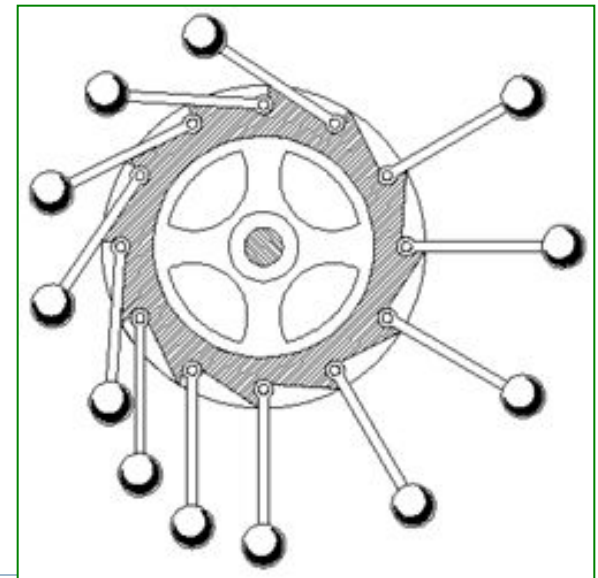
## Концепции пространства-времени

Понятия пространства и времени возникли в сознании человека как отображение свойств материальных тел.

Практически вся история физики была противопоставлением двух концепций: самостоятельности пространства-времени и относительности пространства-времени.

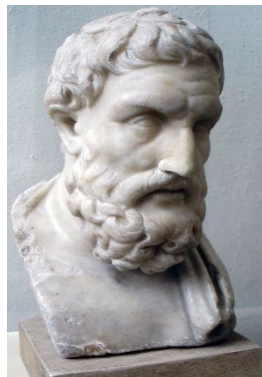
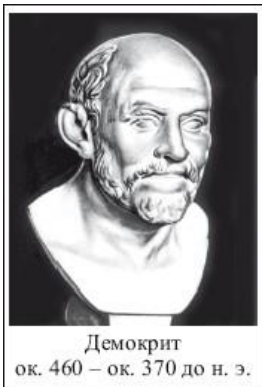
1. Субстанциальная концепция:

2. Реляционная концепция:



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

**Субстанциальная концепция:** пространство и время как самостоятельные сущности, существующие наряду с материей и независимо от нее (Демокрит, Эпикур, Ньютон).

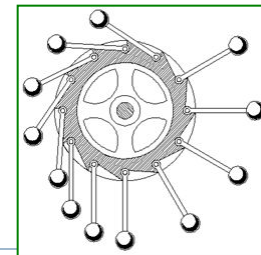


342/341 до н.э.



1642-1727

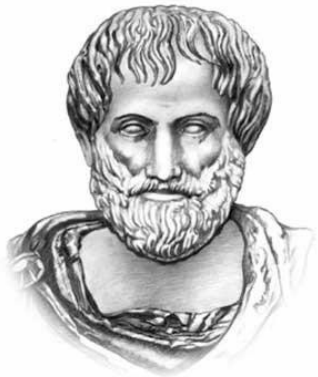
Отношение между пространством, временем и материей представлялось как отношение между двумя самостоятельными субстанциями. Это приводит к выводу о независимости свойств пространства и времени от характера протекающих материальных процессов. Пространство здесь — чистая протяженность, пустоеместилище вещей и событий, а время — чистая длительность, оно одинаково по всей Вселенной, и это течение ни от чего не зависит.





# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

**Реляционная концепция:** пространство и время не как самостоятельные сущности, а как системы отношений, образуемых взаимодействующими материальными объектами (Аристотель, Лейбниц, Гегель).



АРИСТОТЕЛЬ  
384-322 до н. э.

Пространства без тел  
не бывает, следовательно,  
в природе нет пустоты

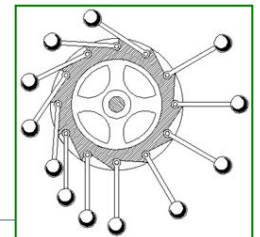


Готфрид Вильгельм Лейбниц —  
саксонский философ, логик,  
математик, механик, физик,  
юрист, историк, дипломат,  
изобретатель и языковед (1646-1716)



Георг Вильгельм Фридрих  
Гегель — немецкий философ,  
1770-1831

**Теория относительности:** пространство и время не существуют без материи, их метрические свойства создаются распределением и взаимодействием материальных масс, т. е. гравитацией.

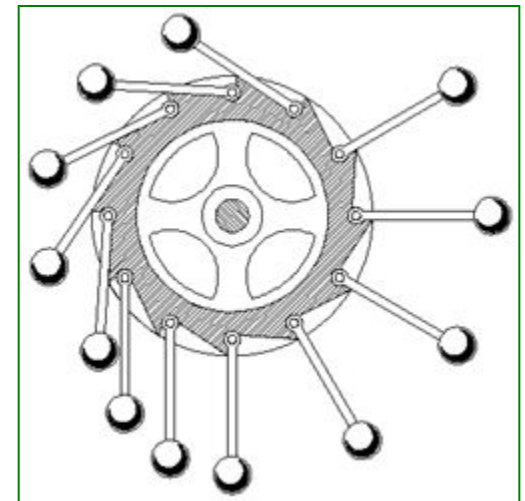


# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Реляционная концепция:

Пространство — это форма бытия материи, характеризующая ее *протяженность, структурность, сосуществование и взаимодействие* элементов во всех материальных системах.

Понятие пространства (протяженности) имеет смысл постольку, поскольку сама материя дифференцирована, структурирована. Если бы мир не имел сложной структуры, если бы он не расчленился на предметы, а эти предметы — на элементы, связанные между собой, то понятие пространства не имело бы смысла.



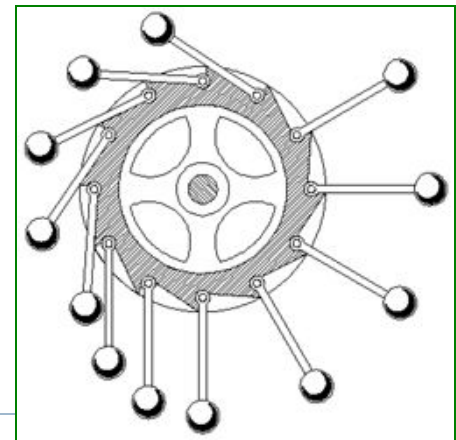


# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Реляционная концепция:

Время — форма бытия материи, выражающая длительность существования материальных систем, последовательность смены состояний и изменений этих систем в процессе развития.

Материальный мир состоит из структурно расчлененных объектов. Эти объекты находятся в движении, они представляют собой процессы, в них можно выделить определенные качественные состояния, сменяющие одно другое. Сравнение между собой качественно различных изменений дает нам представление о времени.

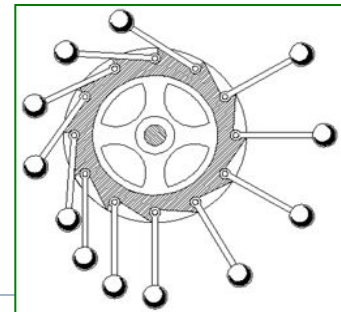


# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Реляционная концепция:

Понятия пространства и времени соотносительны не только с материей, но и друг с другом: в понятии пространства отражаются структурная координация различных объектов в один и тот же момент времени, а в понятии времени — координация длительности сменяющихся друг друга объектов и их состояний в одном и том же месте пространства.

Из реляционной концепции пространства и времени вытекает идея качественного многообразия пространственно-временных структур: развитие материи и появление новых форм ее движения должно сопровождаться становлением качественно специфичных форм пространства и времени. .

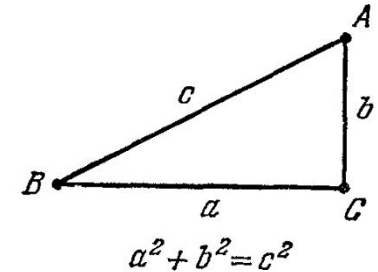


# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Геометрия пространства-времени

### Евклидова геометрия (геометрия на плоскости):

- Кратчайшее расстояние между двумя точками – прямая;
- Сумма углов в треугольнике =  $180^{\circ}$



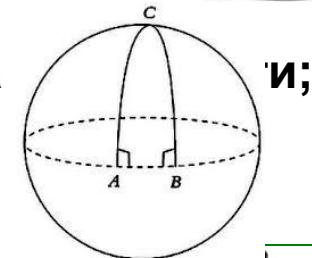
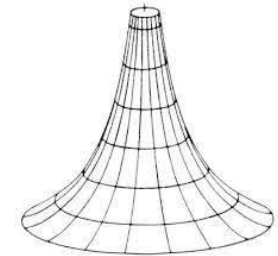
- Теорема Пифагора:  $c^2 = a^2 + b^2$

### -Геометрия Лобачевского (геометрия на псевдосфере)

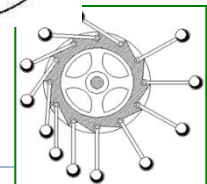
- Сумма углов в треугольнике  $< 180^{\circ}$

### -Геометрия Римана (геометрия на сфере)

- Кратчайшее расстояние между двумя точками – дуга
- Сумма углов в треугольнике  $> 180^{\circ}$



$$c^2 \neq a^2 + b^2$$



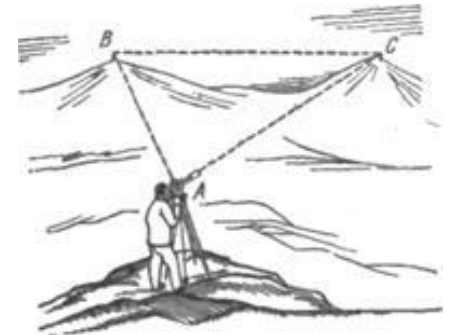
# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Геометрия пространства-времени

### Опыт Гаусса (1821)

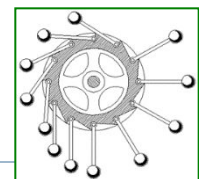
Измерение углов треугольника с вершинами, расположенными на холмах Брокен, Хохехаген и Инзельберг. Наибольшая сторона треугольника имела длину около 100 км.

$$\sigma = 180^\circ 00' 14,173''.$$



### Опыт Лобачевского (1821)

Лобачевский измерил углы треугольника, основание которого совпадало с диаметром земной орбиты, а вершина находилась в месте расположения яркой звезды (Сириуса).



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Размеры Вселенной :

### Микромир:

Размер атома –  $10^{-9}$  м

Размер ядра –  $10^{-15}$  м

Элементарные частицы –  $10^{-18}$  м

Классическая физика

Квантовая физика

### Макромир:

Размер вируса –  $10^{-6}$  м

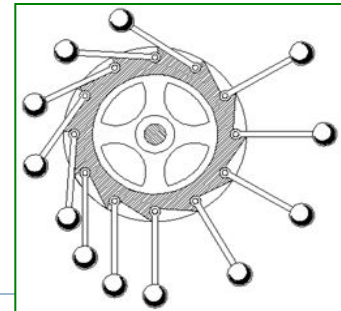
Размер Земли –  $10^6$  м

Размер Солнечной системы –  $10^{12}$  -  $10^{15}$  м

Размер видимой части Вселенной  $10^{26}$  м

Нерелятивистская физика

Релятивистская физика



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Свойства пространства-времени:

Теорема Нетер (1918): Каждой непрерывной симметрии физической системы соответствует некоторый закон сохранения:

однородности времени соответствует закон сохранения энергии,

однородности пространства соответствует закон сохранения импульса,

изотропии пространства соответствует закон сохранения момента импульса,

**1. Однородность пространства – любое явление во всех точках пространства будет протекать одинаково (закон сохранения импульса)**

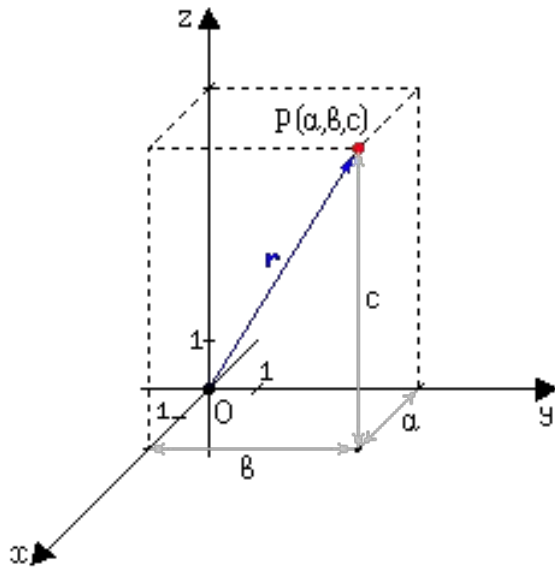
**2. Однородность времени – любое явление будет протекать одинаково независимо от того, когда оно началось (закон сохранения энергии)**

**3. Изотропность пространства – любое явление будет протекать одинаково при любом повороте системы координат (закон сохранения момента импульса)**



# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Декартова система координат



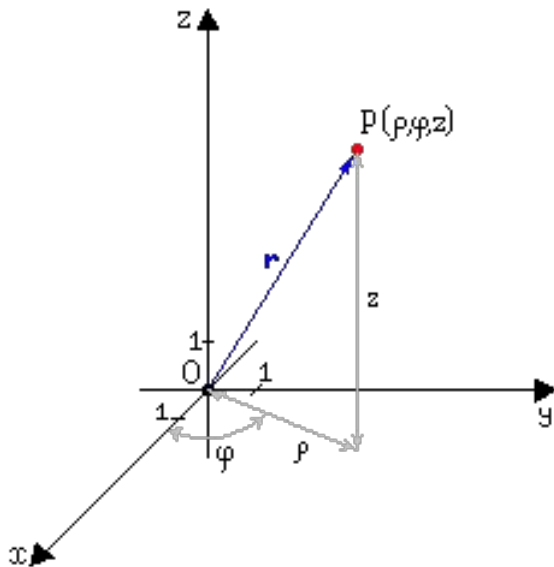
$$\vec{r}(x,y,z) = \vec{i} r_x + \vec{j} r_y + \vec{k} r_z$$

$$r_x = r \cos \alpha; r_y = r \cos \beta; r_z = r \cos \gamma;$$

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$



## Цилиндрическая система координат

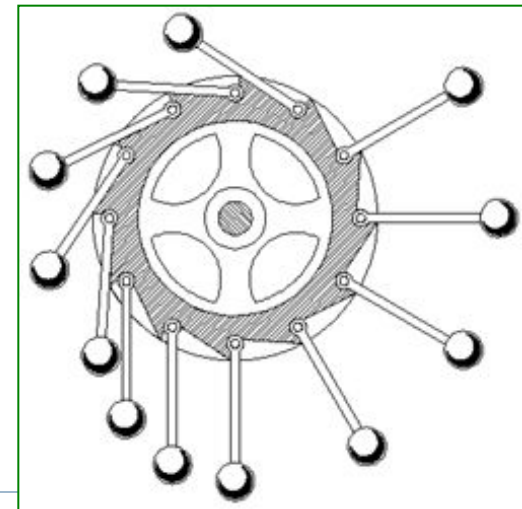
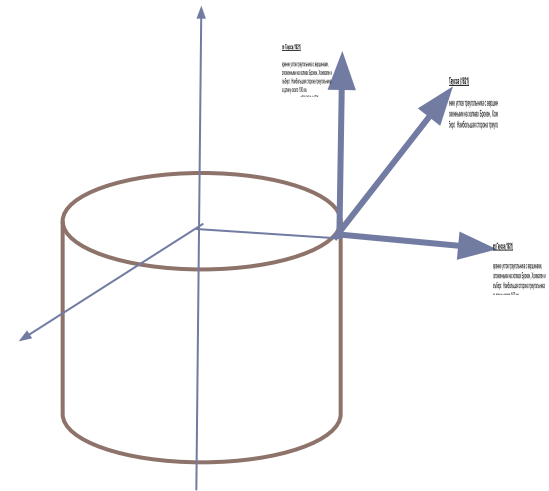


$P(\rho, \varphi, z)$

$$x = \rho \cos \varphi$$

$$y = \rho \sin \varphi$$

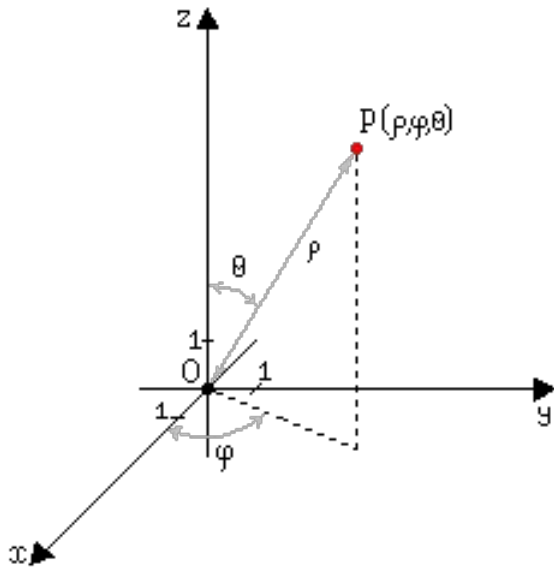
$$z = z$$





# КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

## Сферическая система координат



$$P(r, \vartheta, \varphi)$$

$$x = \rho \cos \vartheta \sin \varphi$$

$$y = \rho \cos \vartheta \cos \varphi$$

$$z = \rho \sin \vartheta$$

*Опыт Гавсса (1821)*

Измерение углов треугольника с вершинами, расположенными на холмах Брокен, Хохехаген и Инзельберг. Наибольшая сторона треугольника имеет длину около 100 км.

