

# Концепции и модели физики

Кузьмичев Сергей Дмитриевич



# **СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ №1**

- 1. ФИЗИКА**
- 2. ФИЗИЧЕСКИЙ ЗАКОН**
- 3. НАУЧНЫЙ МЕТОД**
- 4. ПРИМЕРЫ ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ**
- 5. ФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**
- 6. ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ**
- 7. ЗАДАЧИ-ОЦЕНКИ (ПРОСТЕЙШИЕ МОДЕЛИ):**
  - БЫСТРЕЕ ВЕТРА (СКОРОСТЬ БУЕРА)**
  - ИЗГОТОВЛЕНИЕ РУЖЕЙНОЙ ДРОБИ**
  - КАРАСИ И ЩУКА**
  - ПОЛЕТ ЛЕБЕДЯ**

# 1. Физика

**Физика** – от древнегреческого φύσις (физикс) - природа.

**Физика** — область естествознания, наука, изучающая наиболее общие и *фундаментальные закономерности* явлений природы, определяющие *структуру* и *эволюцию* материального мира.

## 2. ФИЗИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Физический закон — *эмпирически* (опытным путем) *установленная* и выраженная в строгой словесной и/или *математической формулировке* устойчивая *связь (количественное соотношение) между физическими величинами*, повторяющимися явлениями, процессами и состояниями тел и других материальных объектов в окружающем мире.

- *Эмпирическая подтверждённость.*
- *Универсальность.*
- *Устойчивость.*

Законы или принципы не могут быть доказаны логическим путём. Их доказательством является *ОПЫТ*.

## 2. Физический закон

Пространство, время. Принцип относительности

### Пространство:

- трехмерно
- однородно  $\Rightarrow$  закон сохранения импульса
- изотропно  $\Rightarrow$  закон сохранения момента импульса

### Время:

- одномерно
- однородно: физические законы не зависят от времени  
 $\Rightarrow$  Форма физических законов не изменяется по отношению к сдвигу во времени

### Принцип относительности:

*Все законы* природы имеют *одинаковый вид* во всех инерциальных системах отсчёта

## 2. Физический закон. Примеры.

Второй закон Ньютона

$$m\vec{a} = \vec{F}$$

Закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Первое начало термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

Закон Кулона

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}$$

Закон Ома

$$I = \frac{U}{R}$$

## 2. Физический закон. Примеры.

Закон Фика (диффузия)

$$\vec{j} = -D \cdot n \cdot \text{grad } c$$

Закон Фурье (теплопроводность)

$$\vec{q} = -\alpha \cdot \text{grad } T$$

Система уравнений Максвелла

$$\text{div} \vec{D} = 4\pi\rho$$

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

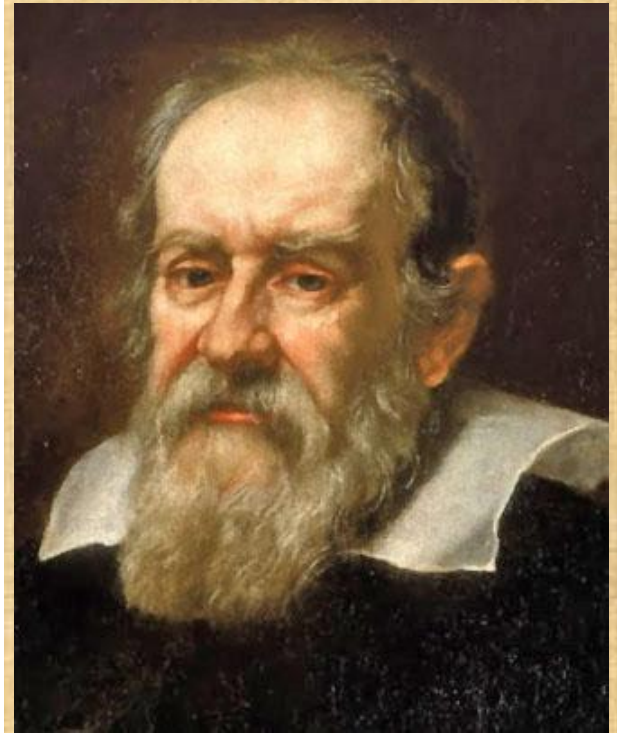
$$\text{div} \vec{B} = 0$$

$$\text{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

# 3. НАУЧНЫЙ МЕТОД

ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ – ПЕРВЫЙ ФИЗИК, ОСНОВАТЕЛЬ НАУЧНОГО МЕТОДА

*Опыт* Галилей рассматривал не как простое *наблюдение*, а как осмысленный и продуманный вопрос, заданный природе. Он допускал и *мысленные эксперименты*, если их результаты не вызывают сомнений. При этом он ясно представлял, что сам по себе опыт не даёт достоверного знания, и полученный от природы ответ должен подвергнуться *анализу*, результат которого может привести к переделке исходной *модели* или даже к замене её на другую.



*Galileo Galilei*



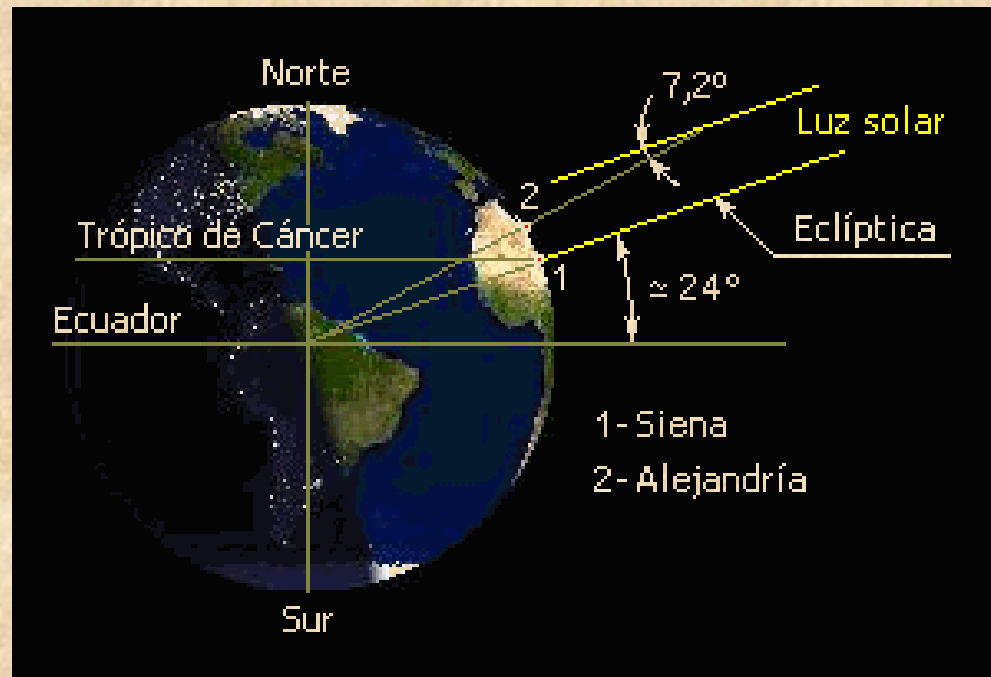
### 3. НАУЧНЫЙ МЕТОД

Основным методом исследования в физике является *опыт, эксперимент*, т.е. *наблюдение* исследуемого явления в точно *контролируемых* условиях, позволяющих *следить* за ходом явления и *воссоздать* его каждый раз при повторении этих условий.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА ЗЕМЛИ ЭРАТОСФЕНОМ (276 ГОД ДО Н. Э.—194 ГОД ДО Н.Э.)

## Доказательства шарообразности Земли:

Корабли, положения звезд, тень Земли на Луне, сфера симметрична и совершенна (Аристотель).



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА ЗЕМЛИ ЭРАТОСФЕНОМ (276 ГОД ДО Н. Э.—194 ГОД ДО Н.Э.)

## Измерения и расчет

- Сиена - вертикальное падение солнечных лучей
- Александрия -  $\alpha \approx 7,2^\circ = 0,126$  рад

$$L = \alpha R, \quad R = \frac{L}{\alpha} \approx 6287 \text{ км}$$

- Средний радиус Земли

$$R = 6371 \text{ км}$$

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СВЕТА РЁМЕРОМ (1676 г.)

Видимый период обращения спутников Юпитера уменьшается, когда Земля в своём годовом движении приближается к Юпитеру, и увеличивается, когда Земля удаляется от него.

Причина – конечное значение скорости света.

Юпитер совершает один полный оборот вокруг Солнца примерно за 12 земных лет, период обращения спутника Ио вокруг Юпитера – примерно 42 часа.

$$t_{1,ю} = 0, \quad t_{1,з} = s_1 / c$$

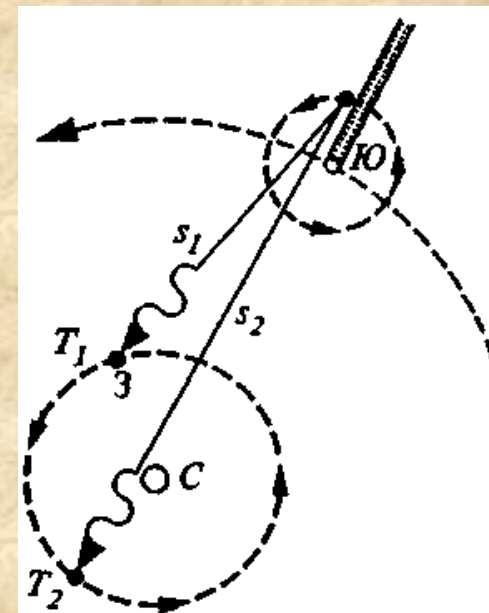
$$t_{2,ю} = T_{ю}, \quad t_{2,з} = T_{ю} + s_2 / c$$

$$T_3 = t_{2,з} - t_{1,з} = T_{ю} + \frac{s_2 - s_1}{c}$$

$$c = \frac{s_2 - s_1}{T_3 - T_{ю}} \approx 214300 \text{ км / с}$$

По современным данным

$$c = 299792 \text{ км / с}$$



## 5. ФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ.

**Измерение** — совокупность операций для определения отношения одной измеряемой величины к другой однородной величине, принятой за единицу (эталон).

**Принцип измерений** — физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Характеристикой точности измерения является его **погрешность**.

**Международная система единиц СИ:** основные механические единицы: секунда (с), метр (м), килограмм (кг).

**Секунда** – это промежуток времени, в течение которого совершается **9192631770** колебаний электромагнитного излучения, соответствующее переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 в отсутствие внешних полей (атомные часы).

**Метр** – это длина пути, проходимая светом в вакууме за **1/299792458** долю секунды.

**Килограмм** – масса платиноиридиевого тела в Международном бюро мер и весов в Севре (близ Парижа).

## 6. ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Модель – это идеальный объект, отражающий **существенные** для данного явления свойства.

На вопрос, что существенно, а что нет может ответить только опыт.

**Примеры моделей:** материальная точка, абсолютно твёрдое тело, идеальная жидкость, идеальный газ.

# 7. ПРИМЕРЫ. СКОРОСТЬ БУЕРА





# 7. ПРИМЕРЫ. СКОРОСТЬ БУЕРА

Скорость буера может достигать 100 км/ч при скорости ветра меньше 100 км/ч.

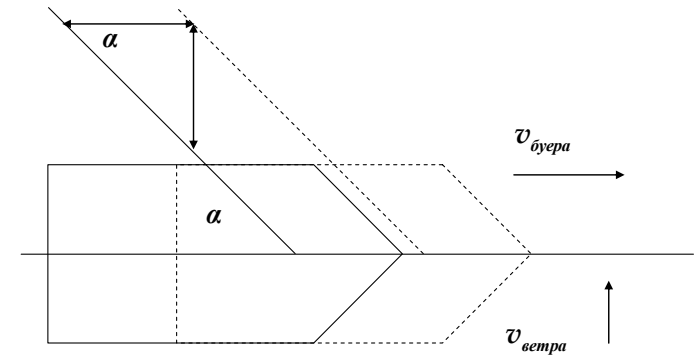
Из геометрии

$$\frac{v_{\text{ветра}} \cdot \Delta t}{v_{\text{буера}} \cdot \Delta t} = \operatorname{tg} \alpha$$

Для скорости буера получаем

$$v_{\text{буера}} = \frac{v_{\text{ветра}}}{\operatorname{tg} \alpha}$$

При  $\alpha < 45^{\circ}$ ,  $v_{\text{буера}} > v_{\text{ветра}}$



# 7. Примеры. Свинцовая дробь.



# 7. Примеры. Свинцовая дробь.

- Дробь «на волка» - №0-2 (около 4 мм диаметром)
- Дробь «на рябчика» - №6-8 (около 2,5 мм диаметром)
- Сила лобового сопротивления

$$F_{\text{сопр}} = kSv^2 \rho_{\text{возд}}, \quad k \approx 0,21, \quad S = \pi r^2$$

начнет влиять на движение , когда

$$F_{\text{сопр}} = kSv^2 \rho_{\text{возд}} = 0,5mg = 0,5 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{\text{св}} g \quad v = \sqrt{\frac{2\rho_{\text{св}}gr}{3k\rho_{\text{возд}}}}, \quad h = \frac{v^2}{2g} = \frac{\rho_{\text{св}}gr}{3k\rho_{\text{возд}}}$$

$$\Delta p_{\text{сопр}} = \frac{F_{\text{сопр}}}{S} = k\rho_{\text{возд}}v^2 \approx 0,1 \cdot \Delta p_{\text{Ланл}} = 0,1 \cdot \frac{2\sigma_{\text{св}}}{r} \quad v \approx \sqrt{\frac{\sigma_{\text{св}}}{\rho_{\text{возд}}r}}$$

- Для крупной дроби  $v \approx 12 \text{ м/с}$  и время полета  $\approx 1,2 \text{ с}$ .
- Высота башни  $\approx 40 \text{ м}$

## 7. Примеры. Караси и щука.



# 7. Примеры. Карась и щука.

$$F_{\text{сопр}} = \frac{1}{2} C_D S v^2 \rho_B$$

$$N_{\text{сопр}} = k_1 v^3, \quad k_1 = \frac{1}{2} C_D S \rho_B$$

$$1 \text{ см}^2 \rightarrow 50 \text{ Н}$$

$$A_{\text{max}} = F_{\text{max}} \cdot \Delta l_{\text{max}} \sim V_{\text{мышц}}, \quad N_{\text{мышц}} = k_2 V_{\text{мышц}}$$

$$v = C_2 \cdot \left( \frac{V_{\text{мышц}}}{S} \right)^{1/3}$$

Если формы рыб подобны, то

$$\frac{V_{\text{щ}}}{V_{\text{к}}} = \left( \frac{L_{\text{щ}}}{L_{\text{к}}} \right)^3, \quad \frac{S_{\text{щ}}}{S_{\text{к}}} = \left( \frac{L_{\text{щ}}}{L_{\text{к}}} \right)^2, \quad \frac{v_{\text{щ}}}{v_{\text{к}}} = \left( \frac{V_{\text{щ}}}{V_{\text{к}}} \cdot \frac{S_{\text{к}}}{S_{\text{щ}}} \right)^{1/3} = \left( \frac{L_{\text{щ}}}{L_{\text{к}}} \right)^{1/3}$$

$$L_{\text{щ}} \approx 1 \text{ м}, \quad L_{\text{к}} \approx 0,1 \text{ м}, \quad \frac{v_{\text{щ}}}{v_{\text{к}}} = 10^{1/3} \approx 2,14$$

## 7. Примеры. Оценка частоты взмахов крыльев лебедей в условиях полета без планирования



## 7. Примеры. Оценка частоты взмахов крыльев лебедя в условиях полета без планирования

Лебедь:  $m = 10 \text{ кг}$ ,  $S = 1 \text{ м}^2$

Импульс, передаваемый воздуху под крылом при средней скорости крыла :

$$\Delta p = \rho S v^2 \cdot \Delta t \quad \Delta p = mg \cdot \Delta t$$

Этот импульс должен компенсировать импульс силы тяжести

$$\rho S v^2 = mg, \quad v = \sqrt{\frac{mg}{\rho S}}$$

Эту скорость можно связать с частотой  $\nu$  взмахов и длиной крыла  $L$ :  $v = 2\pi\nu L$

Считая, что  $L \approx \sqrt{S}$ , находим  $\nu \approx \frac{1}{2\pi S} \sqrt{\frac{mg}{\rho}} \approx 1 \text{ с}^{-1}$