



**Понятия массы и силы в  
классической механике.  
Законы Ньютона**

П.Ю. Боков

---

## Методические указания изданий КИМ 2008, 2009 годов:

- «Для правильного решения задачи **нужно просто твердо знать первый закон Ньютона.**

**Если сумма действующих на тело сил равна нулю, тело либо покоится, либо движется прямолинейно равномерно»...**

---

# Законы Ньютона

[ 12 ]

## AXIOMATA SIVE LEGES MOTUS

Lex. I.

*Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.*

**P**rojectilia perseverant in motibus suis nisi quatenus a resistentia aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorsum. Trochus, cujus partes cohaerendo perpetuo retrahunt sese a motibus resiliens, non cessat rotari nisi quatenus ab aere retardatur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus suos & progressivos & circulares in spatii minus resistentibus factos conservant diutius.

Lex. II.

*Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

Si vis aliqua motum quemvis generet, dupla duplum, tripla triplum generabit, sive simul & semel, sive gradatim & successive impressa fuerit. Et hic motus quoniam in eandem semper plagam cum vi generatrice determinatur, si corpus antea movebatur, motui ejus vel conspiranti additur, vel contrario subducitur, vel obliquo oblique adjicitur, & cum eo secundum utriusque determinationem componitur.

Lex. III.

[ 13 ]

Lex. III.

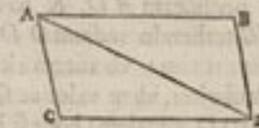
*Actioni contrariam semper & aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales & in partes contrarias dirigi.*

Quicquid premit vel trahit alterum, tantundem ab eo premitur vel trahitur. Siquis lapidem digito premit, premitur & hujus digitus a lapide. Si equus lapidem funi allegatum trahit, retrahetur etiam & equus aequaliter in lapidem: nam funis utrinque distentus eodem relaxandi se conatu urgebit Equum versus lapidem, ac lapidem versus equum, tantumque impediet progressum unius quantum promovet progressum alterius. Si corpus aliquod in corpus aliud impingens, motum ejus vi sua quomocumque mutaverit, idem quoque vicissim in motu proprio eandem mutationem in partem contrariam vi alterius (ob aequalitatem pressionis mutuae) subdit. His actionibus aequales fiunt mutationes non velocitatum sed motuum, (scilicet in corporibus non aliunde impeditis.) Mutationes enim velocitatum, in contrarias itidem partes factae, quia motus aequaliter mutantur, sunt corporibus reciproce proportionales.

Corol. I.

*Corpus viribus conjunctis diagonalem parallelogrammi eodem tempore describere, quo latera separatis.*

Si corpus dato tempore, vi sola  $M$ , ferretur ab  $A$  ad  $B$ , & vi sola  $N$ , ab  $A$  ad  $C$ , compleatur parallelogrammum  $ABDC$ , & vi utraq; ferretur id eodem tempore ab  $A$  ad  $D$ . Nam quoniam vis  $N$  agit secundum lineam  $AC$  ipsi  $BD$  parallelam, haec vis nihil mutabit velocitatem accedendi ad lineam illam  $BD$  a vi altera genitam. Accedet igitur corpus eodem tempore ad lineam  $BD$  sive vis  $N$  imprimatur, sive non, atque adeo in fine illius temporis reperietur alicubi in linea illa



---

# Изучение законов Ньютона в школе

- Инерциальная система отсчета
  - **Первый закон Ньютона**
  - Масса
  - Взаимодействие тел
  - Сила
  - **Второй закон Ньютона**
  - **Третий закон Ньютона**
-

---

# Первый закон Ньютона: концепция

- **Механика Аристотеля:** для движения телеги **нужна** «лошадиная сила»
  
  - **Механика Ньютона:** для равномерного прямолинейного движения точечного тела **не нужно ничего**
-

---

## Как у Ньютона?

- Всякое тело продолжает удерживаться в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается иными телами изменить это состояние.

### Но

- Ньютон в своём труде опирался на существование **абсолютной неподвижной системы отсчёта**, то есть абсолютного пространства и времени
  - Данная формулировка годится **только для точечных тел**, либо для центральных взаимодействий недеформируемых тел
-

---

# Исаак Ньютон и Исаак Кикоин

ИСО:

- СО, относительно которой уединенное точечное тело либо движется равномерно прямолинейно либо покоится
  - СО, относительно которой всякое точечное тело сохраняет состояние покоя либо равномерного прямолинейного движения при отсутствии действия на него других тел
-

---

# Первый закон Ньютона

**Инерциальные системы отсчета  
существуют**

---

---

## Множество ИСО

- Всякая система отсчёта, движущаяся относительно ИСО равномерно и прямолинейно, также является ИСО.
  - Согласно принципу относительности, все ИСО равноправны, и все законы физики инвариантны относительно перехода из одной ИСО в другую. Это значит, что проявления законов физики в них выглядят одинаково, и записи этих законов имеют одинаковую форму в разных ИСО.
-

# Пространство-время в классической механике

- Предположение о существовании хотя бы одной ИСО в изотропном пространстве приводит к выводу о существовании бесконечного множества таких систем, движущихся друг относительно друга со всевозможными постоянными скоростями. Если ИСО существуют, то **пространство** будет **однородным** и **изотропным**, а время — однородным.
- **Однородность пространства** относительно сдвигов даст закон сохранения импульса, **изотропность** приведёт к сохранению момента импульса, а **однородность времени** — к сохранению механической энергии движущегося тела.

---

## Второй закон Ньютона: концепция

- **Для изменения состояния движения равномерно прямолинейно движущегося тела необходимо действие на него силы**
-

---

# Второй закон Ньютона

- Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.
  - В инерциальной системе отсчета ускорение, которое приобретает материальная точка, прямо пропорционально сумме всех приложенных к ней сил и обратно пропорционально её массе:  
$$\mathbf{a} = \mathbf{F}/m.$$
-

---

## Следствие второго закона Ньютона

- Если  $\mathbf{F}=0$ , то  $\mathbf{a}=0$  и, следовательно  $v=\text{const}$

**Но!**

- Это справедливо в ИСО, т.е. в «сфере влияния» первого закона Ньютона
-

---

## Следствие второго закона Ньютона

- Если  $m=0$ , то всегда для этого тела  $\mathbf{F}=0$
  - Поэтому, например, вдоль невесомой нити сила натяжения сохраняется неизменной
-

---

# Третий закон Ньютона: концепция

- **Действие**, на самом деле есть **взаимодействие**
-

---

# Третий закон Ньютона

- Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе — взаимодействия двух тел друг на друга равны и направлены в противоположные стороны.
  - Два тела действуют друг на друга силами, имеющими одинаковую природу, направленными вдоль прямой, соединяющей центры масс этих тел (абсолютно-твердые тела), равными по модулю и противоположными по направлению.
-

---

# Третий закон Ньютона и ИСО

- Силы взаимодействия и силы инерции
-

---

## Законы Ньютона: концепция

- Для равномерного прямолинейного движения точечного тела **не нужно ничего**
  - Для **изменения состояния движения** равномерно прямолинейно движущегося тела необходимо **действие на него силы**
  - **Действие**, на самом деле есть **взаимодействие**
  - **Важно:** законы Ньютона есть обобщение опытных фактов. **Друг из друга они не следуют!**
-

---

## Вопрос о покоящемся теле

- **Вопрос:** Книга лежит на горизонтальной крышке стола. По какому закону Ньютона она находится в состоянии покоя относительно крышки стола?
  
  - **Ответ:** Тело покоится **по трем** законам Ньютона
-

---

# Вопрос о равномерно прямолинейно движущемся теле

- **Вопрос:** Самолет летит равномерно прямолинейно. Какой закон Ньютона описывает данное движение самолета?
  
  - **Ответ:** Все три закона Ньютона
-

---

# Законы Ньютона и машина Атвуда

## О выборе моделей

- Невесомая **нить**
- Нерастяжимая **нить**
  
- **Блок** невесомый
- Трения в оси **блока** нет

**Либо**

- **Блок** неподвижный, гладкий
-