

История механики

Чиненова Вера Николаевна

v.chinenova@yandex.ru

Лекция № 16

Трактат И Ньютона «Начала»

Определения, аксиомы и законы механики.

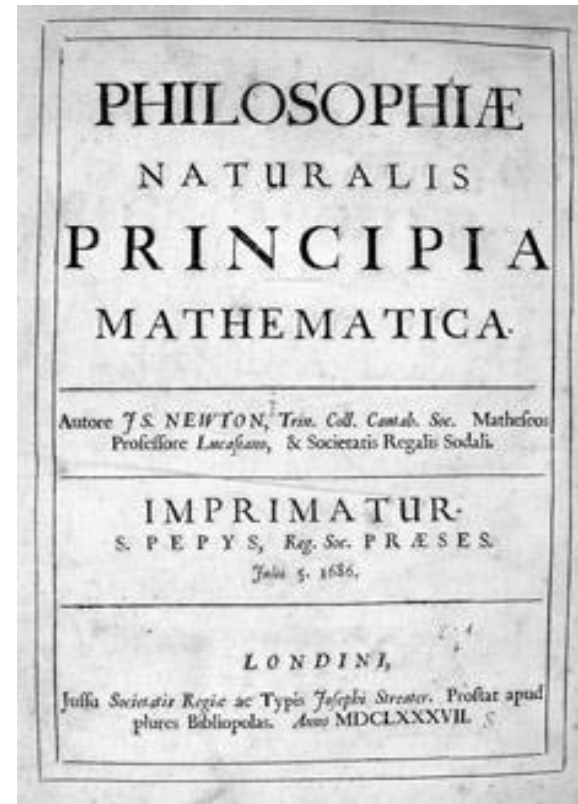
1-я Книга.

**Об основах классической механики в
трактате И. Ньютона «Математические начала
натуральной философии»
(«Philosophiae naturalis Principia mathematica»)**

Прижизненные издания:

I-е - в 1687г., II-е - в 1713г., III-е -- в
1726г.

И.Ньютон (1643-1727)



PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA

AUCTORE
ISAACO NEWTONO,
EQUITE AURATO.

EDITIO SECUNDA AUCTIONIOR ET EMENDATIO.



CANTABRIGIÆ, MDCCXIII.

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- «В истории естествознания не было события более крупного, чем появление «Начал» Ньютона. Причина была в том, что эта книга подводила итоги всему сделанному за предшествующие тысячелетия в учении о простейших формах движения материи».

(С.И.Вавилов)

- *Если бы не Галлей, эта работа, по всей вероятности, не была бы задумана; а если бы была задумана, то не была бы написана; а если бы была написана, то не была бы напечатана.*
- **А. де Морган**

«...Наиболее из всех остроумный математик и философ господин Ньютон из Кембриджа блестяще изучил эффекты тяготения; его книга об этом находится сейчас в печати. Он показал, что сила тяготения наиболее велика на поверхности Земли и изменяется по простому закону — обратно пропорционально расстоянию от центра... Он показывает, что такая сила существует повсеместно, но больше всего — на Солнце, а также на Юпитере. Он делает заключение о том, что тела,двигающиеся вследствие какого-то импульса, под действием тяготения обязательно описывают круги или эллипсы, параболы или гиперболы в соответствии с величиной приданной им скорости. Среди небесных явлений не найдено ни одного, которое бы в точности не соответствовало этой гипотезе... Более того, он показывает, что такая сила составляется путём сочетания сил бесчисленного множества малых частичек, составляющих тела на Земле, Солнце и так далее, посредством которых они, взаимодействуя, находят одно другое, образуя некоторый союз. Как это можно наблюдать, например, в самых маленьких частичках жидких тел, а именно в каплях ртути или дождя, которые, пока они очень малы, обязательно принимают сферическую форму...» *Галлей — Иоганну Христиану Штурму, Лондон 16 марта 1686 года*

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

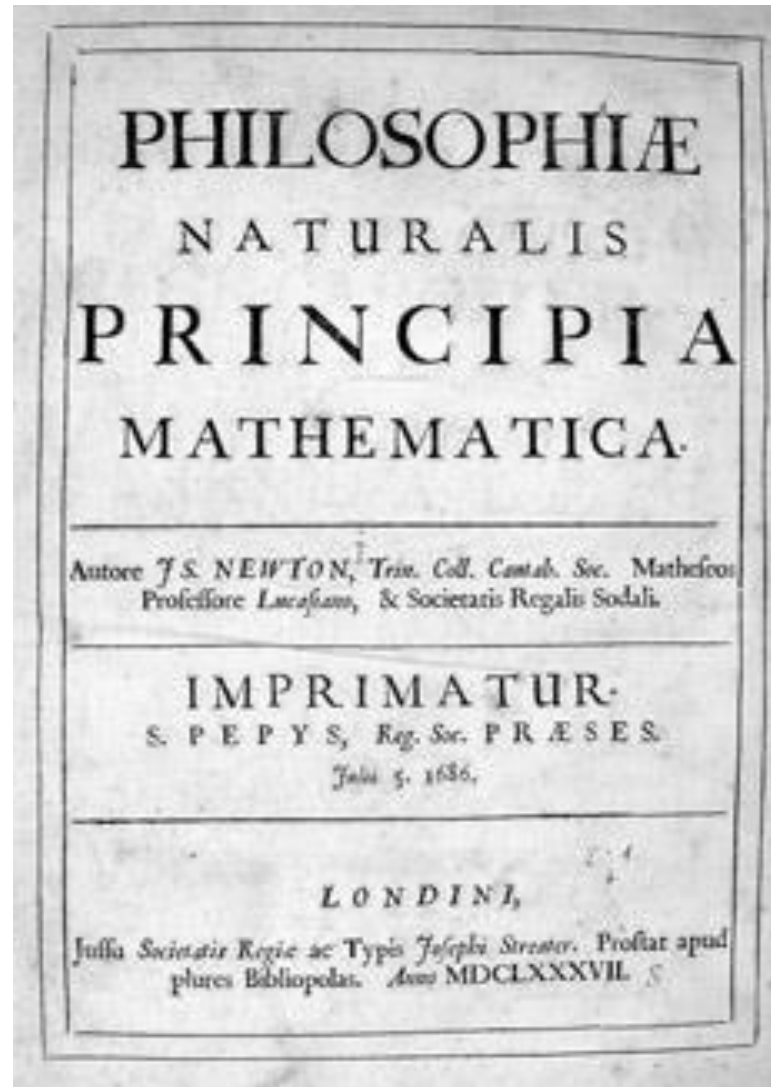
В начале **1685** г. рукопись мемуара «**О движении**», Ньютон передал для регистрации в Королевское общество. Здесь излагались фундаментальные положения динамики.

- В **1686**г. были закончены две первые книги трактата «**Математические начала натуральной философии**» («Philosophiae naturalis Principia mathematica»).

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- Весной 1687 г. уже печаталась III книга «О системе мира»
- (На титульном листе арабскими цифрами 1686 напечатано время сдачи книги в печать (Imprimatur), а дата выхода приведена латинскими цифрами: MDCCLXXXVII, поэтому датой появления «Начал» часто считают **1687г.**)

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»



- «Сейчас в печати находится трактат Ньютона о движении. За этим присматривает господин Галлей, и 13 листов (как он сказал мне) уже отпечатаны. Он (господин Ньютон) оставил идею о вихрях, которые (как он писал мне) разрушат планетные движения и сделают их гораздо более нерегулярными, чем они являются в действительности... Картезианская философия в этой точке опрокинута, а вместо неё мы имеем теперь демонстрационные принципы. Я потерял повод претендовать на открытие... но я бесконечно больше выиграю от той помощи, которую эти открытия принесут мне в реформе планетных движений, так что в минуту скорби я праздную собственную победу...» *Джон Флемстид — Ричарду Таунлею 4 ноября 1686 года*

ИЗВѢСТІЯ
НИКОЛАЕВСКОЙ МОРСКОЙ АКАДЕМІИ.

Выпускъ V.

BULLETIN
DE L'ACADÉMIE NAVALE NICOLAS.

V fascicule.

Петроградъ. 1916. Pétrograd.

J. Newton

"Hypothese von fingo"

Предисловие Ньютона

- Он начинает с Паппа (Паппуса), с древних, которые при изучении природы придавали большое значение механике. При этом Ньютон считает необходимым, отбросив понятия «субстанции» и «скрытых свойств», обратиться к математике и приложить её к физике.
- Ньютон ищет место физики в системе науки и практики.

- В «Началах» будет речь идти не о ремёслах, а «об учении о природе и, следовательно, не об усилиях, производимых руками, а о силах природы», обо всём, что относится к «тяжести, лёгкости, силе упругости, сопротивлению жидкостей и к тому подобным притягательным или напирющим силам. Поэтому и сочинение это нами предлагается как математические основания физики. Вся трудность физика, как будет видно, состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления...
- Было бы желательно вывести из начал механики и остальные явления природы, рассуждая подобным же образом, ибо многое заставляет меня предполагать, что все эти явления обуславливаются некоторыми силами, с которыми частицы тел, вследствие причин покуда неизвестных, или стремятся друг к другу и сцепляются в правильные фигуры, или же взаимно отталкиваются и удаляются друг от друга. Так как эти силы неизвестны, то до сих пор попытки философов объяснить явления природы и оставались бесплодными. Я надеюсь, однако, что или этому способу рассуждения, или другому, более правильному, изложенные здесь основания дадут некоторое освещение...»

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- **Цель трактата:** описать явления природы с помощью математики, дать тщательное развитие приложений математики к физике.
- Сфера практической механики - производство, ремесло.
- С другой стороны механика граничит с ``геометрией``. «Итак, геометрия основывается на механической практике и есть не что иное, как часть **общей механики**, в которой излагается и доказывается искусство точного измерения»

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- Ньютон определяет связь механики, как учения о силах и движениях, с физикой, то есть с учением о всех явлениях природы, трактуемых механически.
- **«Вся трудность физики, как будет видно, состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления»**

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

Из уравнений движения материальной точки логически выводятся **три основные теоремы динамики**, а из теорем (при известных ограничениях) - **три закона**:

закон сохранения движения центра масс изолированной системы,

закон площадей для точки, движущейся под действием центральной силы,

закон сохранения механической энергии в поле консервативных сил.

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- **А. Эйнштейн:**
- **«Дифференциальный закон является той единственной формой причинного объяснения, которая может полностью удовлетворять современного физика».**

- Прямо за предисловием следуют авторские определения количества материи (массы), количества движения врождённой силы материи (инерции), силы ускорения и других понятий, сразу устанавливающие твёрдую почву для дальнейших рассуждений. Здесь — все основные компоненты ньютоновской механики, дожившей до наших дней.

- **Определение 1. Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объёму её.**
- Величина массы тела пропорциональна концентрации идентичных по механическим свойствам корпускул материи, заполняющих объём тела.

- **Определение 2**

Количество движения есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе.

- **Определение 3.**
- Врожденная сила материи есть присущая ей способность сопротивления, по которой всякое отдельно взятое тело, поскольку оно предоставлено самому себе, удерживает свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

- Определение 4.

Приложенная сила есть действие, производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Ньютон поясняет, что действие силы не остается в теле после прекращения приложения ее (далее тело будет двигаться по инерции).

В качестве примеров сил указываются удар, давление, центростремительная сила.

- В «Поучении» вводятся важные понятия абсолютного и относительного времени и пространства:
- «**I. Абсолютное, истинное математическое время** само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью»
- Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения, мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как-то: час, день, месяц, год.

- **Абсолютное пространство** по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным.
- **Относительное** есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которое обыденной жизни принимается за пространство неподвижное»

Закон I.

Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние.

Закон II

Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Закон III

Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе — взаимодействие двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны

- Второй закон позволяет найти силу, если известно движение точки; если же в каждый момент движения известна сила, то можно найти все свойства движения материальной точки. Так как при движении тела по инерции (или при таком движении системы отсчета) не требуется действие силы, то второй закон справедлив не только в абсолютном пространстве, но и по отношению к любой инерциальной системе отсчета.

- Ньютон указывает, что Галилей уже использовал первый и второй законы и что Рен, Валлис и Гюйгенс добавляли еще и третий закон при исследовании явлений удара. Понятие массы явно не входит в три закона динамики, однако количество движения Ньютоном определено как величина, пропорциональная массе. Пропорциональность силы тяготения (тяжести) массе Ньютон проверял многочисленными опытами.
- Далее Ньютон выводит ряд следствий из трех законов.

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- **В первом следствии сформулирован принцип независимости действия двух сил на точку.**
- **Четвертое следствие устанавливает закон сохранения движения центра масс изолированной системы.**

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- **Пятое следствие** является четкой формулировкой принципа **относительности: относительные движения друг по отношению к другу тел, заключенных в каком-либо пространстве, одинаковы, покоится ли это пространство, или движется равномерно и прямолинейно без вращения.**

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- **Шестое следствие:** если несколько тел, движущихся как бы то ни было друг относительно друга, будут подвержены действию равных ускоряющих сил, направленных по параллельным между собой прямым, то эти тела будут продолжать двигаться друг относительно друга так же, как если бы сказанные силы на них не действовали.

Трактат И. Ньютона «Математические начала...»

- Пример Ньютона с **вращающимся ведром**, наполненным водой, подчеркивает разницу между инерциальными и неинерциальными системами отсчета: пока вода не вращается, у нее плоская поверхность.