

Лекция 4

Чиненова Вера Николаевна

Развитие учения о движении в эпоху Возрождения

***Понятие «импетуса» и диаграмма
Орема.***

Первые университеты Европы

Эволюцию понятия «импетуса» в трудах ученых позднего средневековья – предшественников Галилея:
Буридана, Орезма, Леонардо да Винчи, Тартальи, Кардано, Доминико Сото.

Понятие «импетуса» и диаграмма Орезма.

Попытки критики отдельных положений физики Аристотеля начались еще в VI в., но после XIII в. это стало преследоваться церковью. Критика тезиса Аристотеля о том, что **тяжелые тела падают быстрее легких.**

Начало критики этого тезиса положил в **Иоанн Грамматик Филопон** (ок.490-570)
(Его имя ὁ φιλόπονος переводится как "любитель труда")

Понятие импетуса:

Рука сообщает брошенному телу некоторую вложенную силу (импетус), которая и движет тело после прекращения контакта. Постепенно сила исчерпывается и тело останавливается.

Начиная с XIV в. критика различных положений физики Аристотеля усилилась.

Одна из 15 теорем *«Книги Иордана о соотношении грузов»*, созданной последователями **Иордана Неморария в XIII в.**, утверждает, что форма тел меняет силу тяжести.

Такое положение противоречило воззрениям перипатетиков о врожденности *свойства тяжести или легкости* каждого тела.

Понятие «импетуса»

- **Жан Буридан**, французский схоластик-номиналист середины XIV в. считал **импетус причиной непрерывного ускорения естественного падения тяжелых тел.**

Он считал также, что тело содержащее больше вещества (телесности) может принять больший импетус.

- Импетус в естественно падающем теле накапливается, от этого движение его непрерывно ускоряется.

- **Альберт Саксонский (XIV в.)** продолжает развивать теорию Буридана об импетусе.
- Скорость при падении должна расти пропорционально пройденному пути
 $V \sim S$ (попытка количественного закона)
 V – скорость падающего тела

Понятие «импетуса»

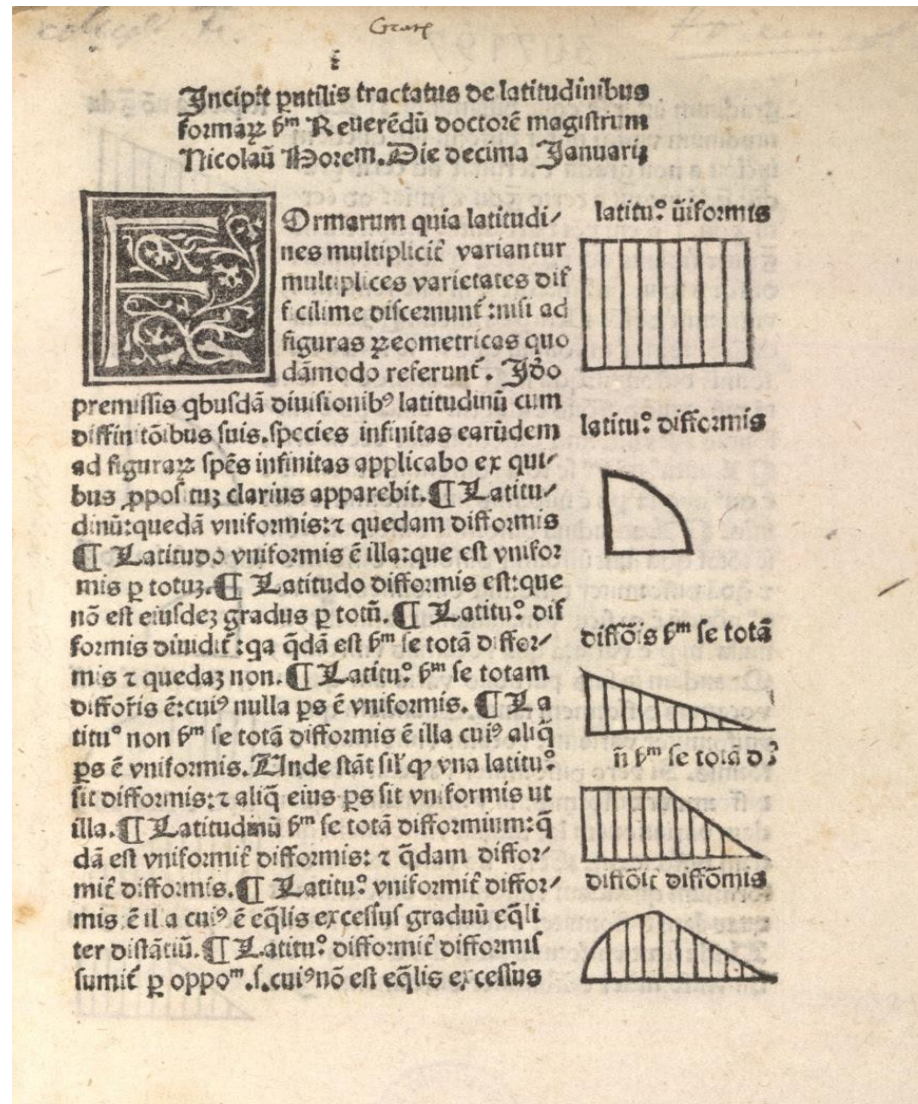
- Англия (Оксфорд) XIII в. Мертон - колледже. Здесь возникло учение об равномерном (равномерном) и дифформном (неравномерном) движении.
- **У.Хейтесбери:** равномерно-дифформное движение - когда **в равные промежутки времени скорость имеет равные приращения.**
- **Мгновенная скорость** в неравномерном движении тела определялась здесь как скорость, с которой двигалось бы далее тело равномерно по траектории, начиная с данного момента времени.

Понятие «импетуса» и диаграмма Орезма

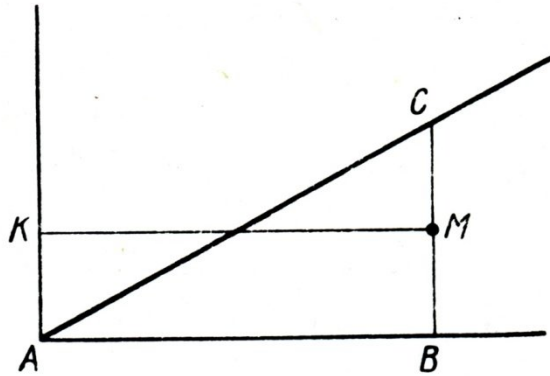
Николь Орезм (Орем)
(номиналист XIV в.) в
«Трактате о
протяжении форм»
разрабатывает
диаграмму,
изображающую
геометрическую
зависимость скорости
от факторов
движения.



Французская школа. Николай Орем (ок. 1330 – 1382). Диаграммы Орема.
 Виды движения: равномерное – с постоянной скоростью (верхняя диаграмма),
 равномерно-дифформное – с постоянным ускорением (третья сверху),
 дифформно-дифформное – полностью нерегулярное (вторая сверху).

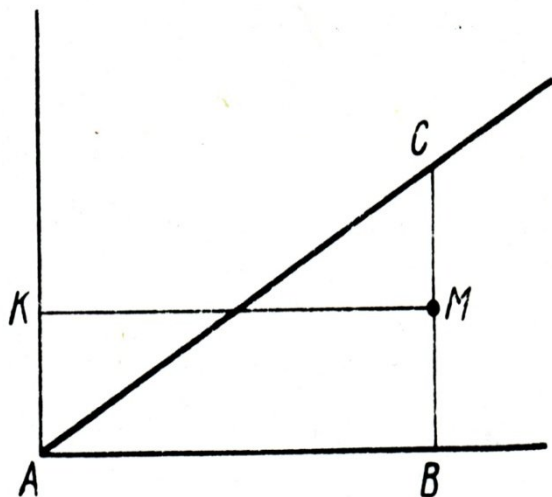


Понятие «импетуса» и диаграмма Орезма



- Орезм предлагает откладывать вдоль основной прямой **количества времени или пути**, считая их в этом вопросе равноправными, а на перпендикулярах к ней — **«интенсивность движения»**. Треугольник, по Орезму, изображает равномерно переменное качество.
- «**Всякое качество, если оно равномерно-дифформно, по своей величине таково, каким было бы равномерное качество того же или равного ему предмета, соответствующее градусу средней точки того же предмета**» (Н. Орезм).
- Если бы в диаграмме Орезма по прямой количества откладывались бы **интервалы времени**, а по перпендикулярным прямым соответствующие **скорости**, пройденные в течение данного времени, то диаграмма выражала бы зависимость скорости от времени падающего в пустоте тяжелого тела.
(у Г. Галилея в «Беседах...»)

Леонардо да Винчи о природе тяжести



Первое изображение
баллистических траекторий
Рисунок Леонардо да Винчи
(ок. 1500 г.)

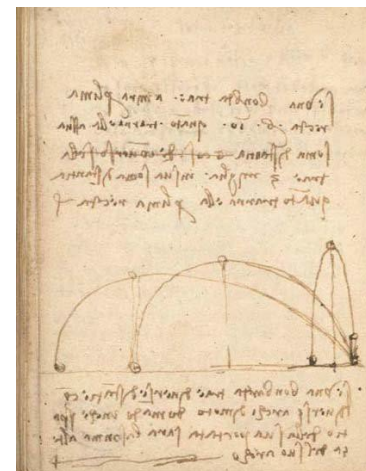
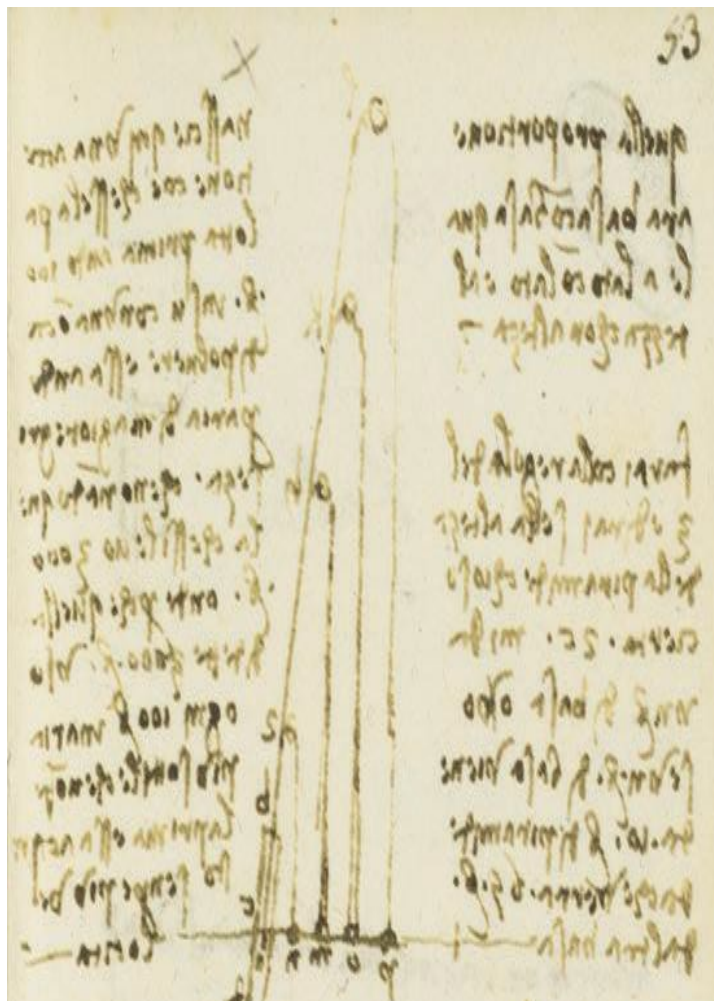


Диаграмма Леонардо да Винчи:
«ординаты» скорости
изображают их линейную
зависимость от аргумента
времени (а не расстояния).



Баллистические
траектории
Рисунок Леонардо
да Винчи (ок. 1500
г.)

Трехчастная баллистическая траектория Рисунок Леонардо да Винчи (ок. 1500 г.)



Первым, кто сформулировал идею трехчастной баллистической траектории, был, по-видимому, Леонардо да Винчи (при этом он, вероятно, опирался на идеи схоласта XIV в. Альберта Саксонского).

Рассматривая полет стрелы, Леонардо выделял в нем **три фазы**. На начальном отрезке импульс – движущая сила, переданная стреле, настолько превосходит силу тяжести стрелы, что полностью уничтожает ее действие. На этом отрезке движение носит вынужденный характер и оно прямолинейно: (как будто стрела вообще лишена тяжести).

На конечном отрезке «стрела устремляется вниз по отвесной линии; это означает, что ее насильственное движение закончилось и что с этого момента начинается ее естественное движение, то есть, она свободно под действием своей тяжести падает вниз к центру [Земли]».

В промежутке импульс и тяжесть «борются» друг с другом. На этом интервале стрела движется смешанным движением, одновременно вынужденным в направлении действия импульса и естественным в вертикальном направлении.

Баллистическая задача в средние века

- **Н.Тарталья** из Бреши (XVIв.) – теория составных баллистических траекторий; наибольшая дальность полета (эмпирически).
- **Дж. Кардано** (1501-1576) – пр-п геометрического сложения гориз.перемещения снаряда с отвесным естественно ускоренным - полупарабола (обоснования нет)
- **Ю.Ц. Скалигер** возражал против идеи иссякания импетуса в воздухе. В пустоте импетус, сообщенный телу при бросании, должен сохраняться. Сопротивление воздуха незначительно.
- **Д. Сото** (XVIв.)- скорость падения тяжелого тела должна расти пропорционально времени (а не расстоянию).
- **Галилей** пришел к правильной зависимости пути от времени

Николо Тарталья, «Новая наука» (1537)

La nova scientia de Nicolo Tartaglia, Firenze, 1537

Траектории полета снаряда для двух видов стрельбы – «в упор» из пушки и навесной из мортиры.

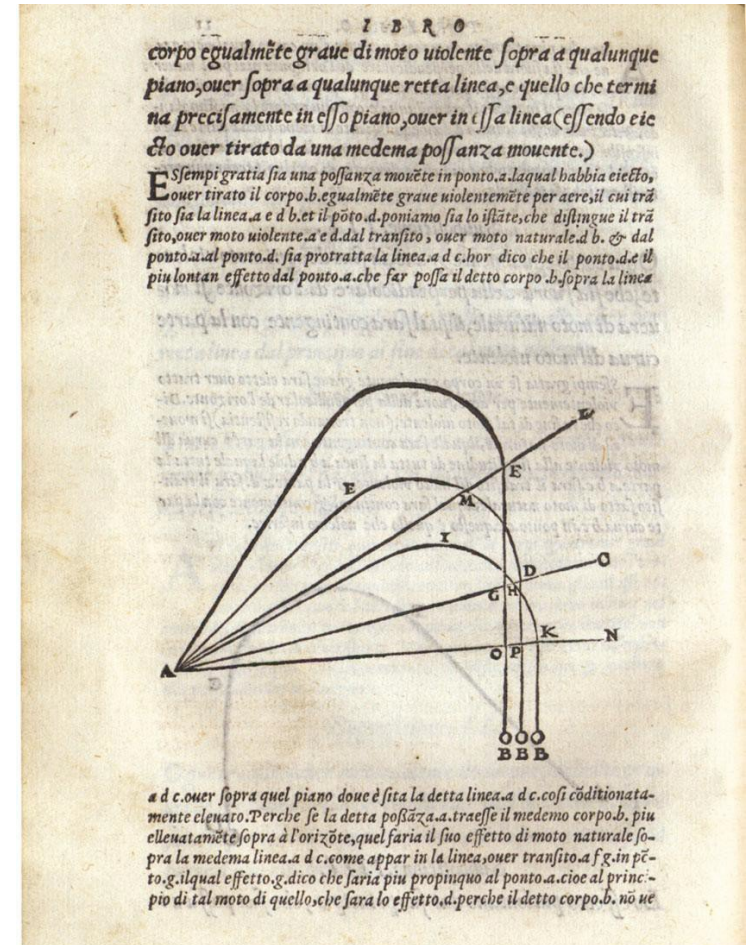
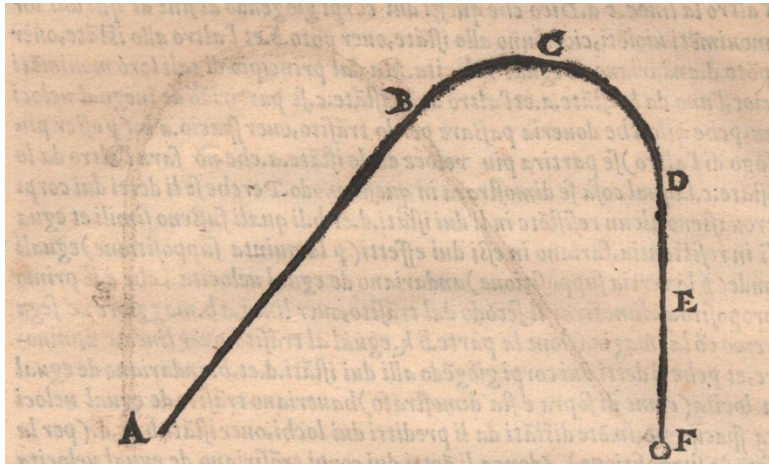
Первое печатное изображение баллистических траекторий



Траектория полета снаряда в практической баллистике XVI в.

Образец баллистической траектории.

Николо Тарталья (Nicolo Tartaglia) «Новая наука», (*La nova scientia de Nicolo Tartaglia*) Firenze, 1537



Николо Тарталья: первая теория полета снаряда

1. Первое подробное описание траектории полета снаряда дал Н. Тарталья (1499-1557). Согласно Тарталье, траектория состоит из трех ветвей:
 - (i) наклонная прямая линия – соответствует *насильственному* движению снаряда под действием силы порохового взрыва;
 - (ii) дуга окружности – второй этап *насильственного* движения,
 - (iii) вертикальная прямая линия – соответствует *естественному* движению снаряда вниз под действием тяжести.
2. Теория Тартальи основывается на восходящем к Аристотелю, различении двух видов движения – *насильственного* и *естественного*. Смешанное движение, по Тарталье, невозможно: «Никакое равномерно плотное тяжелое тело не может двигаться ни в каком интервале времени или пространства движением, смешанным из насильственного и естественного» («Новая наука» Кн. 1, предл. 5).
3. Причина: *Насильственное* движение всегда происходит с замедлением, а *естественное* – с ускорением. Одно и то же тело одновременно не может ускоряться и замедляться. Поэтому в каждый момент тело движется либо вынужденным, либо естественным движением.
4. Согласно Тарталье, длина прямолинейного отрезка вынужденного движения увеличивается вместе с увеличением угла возвышения орудия.

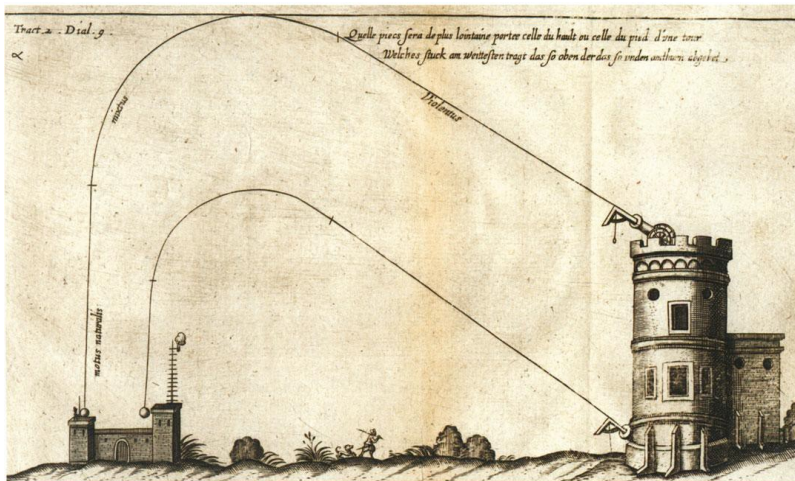
Траектория полета снаряда (по следам Н. Тартальи)

Daniel Ufano, *Artillerie, ou vraye instruction de l'artillerie et de ses appartenances*.
Berthelin, 1628.

1. Первое подробное описание траектории полета снаряда дал Н. Тарталья (1499-1557). Согласно

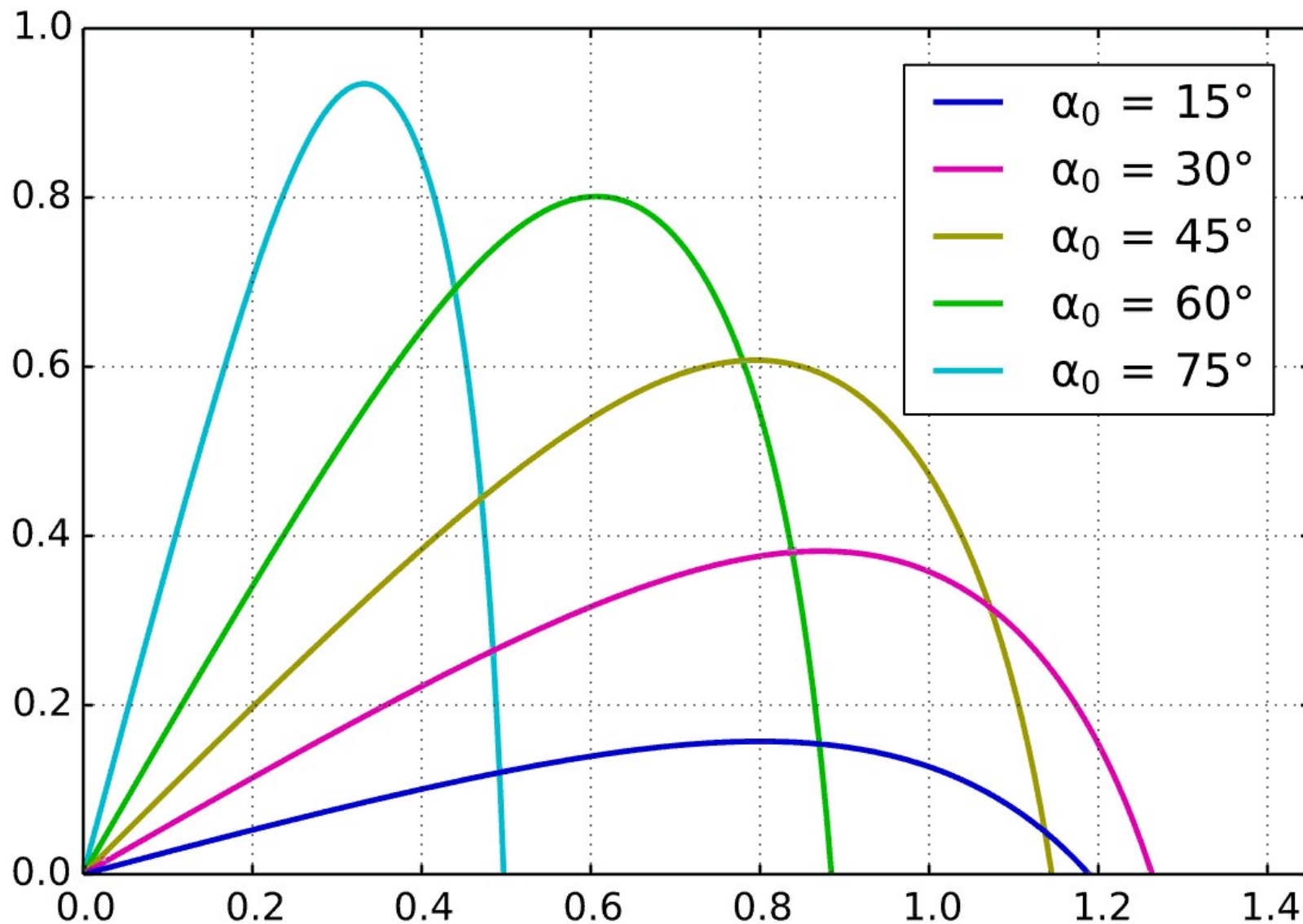
Тарталье, траектория состоит из трех ветвей:

- (i) наклонная прямая линия – соответствует *насильственному* движению снаряда под действием силы порохового взрыва;
- (ii) дуга окружности – второй этап *насильственного* движения,
- (iii) вертикальная прямая линия – соответствует *естественному* движению снаряда вниз под действием тяжести.



2. Теория Тартальи основывается на восходящем к Аристотелю, различении двух видов движения – *насильственного* и *естественного*. Смешанное движение, по Тарталье, невозможно: «Никакое равномерно плотное тяжелое тело не может двигаться ни в каком интервале времени или пространства движением, смешанным из *насильственного* и *естественного*» («Новая наука»).
3. Причина: *Насильственное* движение всегда происходит с замедлением, а *естественное* – с ускорением. Одно и то же тело одновременно не может ускоряться и замедляться. Поэтому в каждый момент тело движется либо *вынужденным*, либо *естественным* движением.
4. Согласно Тарталье, длина прямолинейного отрезка *вынужденного* движения увеличивается вместе с увеличением угла возвышения орудия.

Современные баллистические траектории при различных углах возвышения
орудия
(сходство с историческими аналогами XVI в.)



Траектория полета снаряда в работах теоретиков (XVI в.)

1.Джироламо Кардано (1501-1576): «Брошенное тело следует по пути, форма которого определяется тремя видами движений: в начале – *вынужденное* движение, в конце – совершенно *естественное*, в середине – их смешение».

«Когда ядро, двигаясь по прямой линии, достигает вершины (пути), оно не сразу возвращается вниз по кругу или прямой линии, но сначала следует по линии, которая *очень близка к параболе* Заканчивается же движение вертикальным падением, свойственным тяжелой вещи». Первое упоминание параболы.

2.Бернардино Бальди (1553-1617)– переводчик на латинский язык «Механических проблем» псевдо-Аристотеля и автор пространного комментария к ним. Придерживался аналогичной точки зрения.

3.Дж. Бенедетти (1530-1590) – непосредственный предшественник Галилея. Бенедетти: «Чем быстрее движется ядро (мяч) насильственным движением, тем большей склонностью к движению по прямой линии оно обладает и поэтому тем меньше оно стремится к центру мира и от этого становится *легче*». Этот тезис противоречит постулату классической механики, согласно которому силы, приложенные к телу, обладают независимым действием. Из тезиса Бенедетти следует, например, что свободно падающее тело упадет на землю раньше, нежели тело брошенное горизонтально с той же высоты.

Бернардино Бальди и Дж. Бенедетти при исследовании баллистической траектории – как ранее Леонардо – опирались на аналогию с вращением волчка.

Влияние идей баллистики XVI в. на молодого Галилея

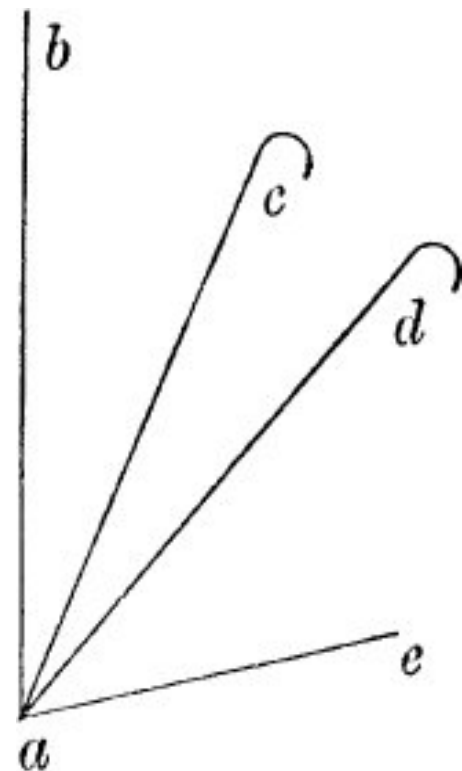
(Рукопись *De motu antiquiora*, ок. 1590)

Название главы *«Почему брошенные тела дольше движутся по прямой линии, чем те, что брошены с той же силой, но под более острым углом к горизонту»*.

Ответ Галилея (следует Тарталье):

«Несмотря на то, что движущая сила артиллерийских орудий одна и та же, тем не менее, чем больше угол возвышения, тем большая часть этой силы запечатлевается в железных ядрах».

Следствие: величина начального прямолинейного отрезка траектории возрастает с увеличением угла возвышения (рисунок принадлежит Галилею).



Первые университеты Европы

- Первые европейские университеты возникли еще в конце XII в. Наиболее крупные и значимые:
- Парижский университет (Сорбонна),
- Оксфордский университет,
- университеты северной Италии – Болонский и Падуанский.
- Иногда университеты вырастали из так называемых «кафедральных школ», организованных еще в раннем средневековье при крупных соборах – резиденциях католического епископата (как например, Парижский университет, выросший из кафедральной школы собора Нотр-Дам).
- Там, где не было кафедрального собора и школы, как в Оксфорде, университет возникал самостоятельно. Однако, все университеты в средние века находились под надзором церковных властей (ректором Оксфорда был епископ Линкольнский), а большинство их преподавателей были клериками – обычно монахами доминиканского и францисканского ордена.
- Ведущие университеты XIV в.:
- – Гейдельберг (основатель - Марсилиус Ингенский)
- – Вена (основатель – Альберт Саксонский)

Первые университеты Европы

- Университеты обычно включали четыре факультета –
 - факультет свободных искусств,
 - медицины,
 - юриспруденции и
 - теологии.
- Факультет свободных искусств служил подготовительной ступенью для поступления на факультеты более высокого уровня. Натурфилософия преподавалась на факультете свободных искусств.
- Основой служили тексты Аристотеля, которые комментировались преподавателями, а затем и студентами: «Физика», «О рождении и уничтожении», «О небе».
- В комментариях на эти тексты развивалась средневековая теория движения. Пик творческого развития этой проблематики приходится на первую половину XIV в.
- Представление о двойственной истине.