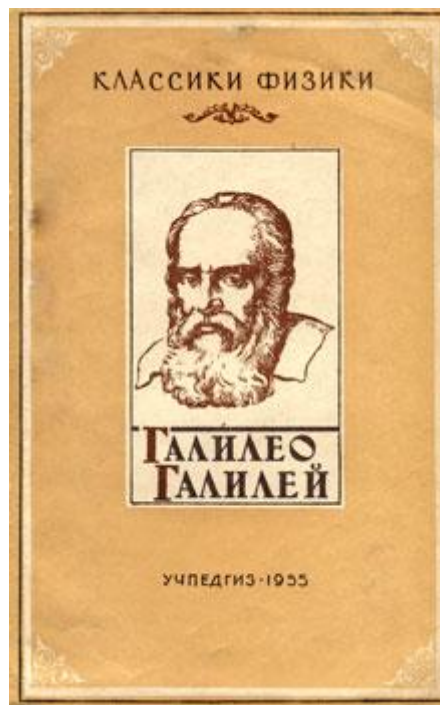


О книге



Ефим Самойлович Анцелиович - Галилео Галилей

Жизнь, деятельность и научное творчество великого итальянского ученого Галилео Галилея.

Редактор В. М. Дуков

Художник П. А. Валюс

Художественный редактор Б. М. Нисин

Технический редактор И. Д. Рыбин

Сдана в набор 27/1 1955 г. Подписано к печати 13/V 1955 г. 84x108¹/₃₂. Печ. л. 6,25 (5,12) + вкл. 0,06(0,10). Уч.- изд. л. 4,74+вкл. 0,03. Тираж 75000 экз. А02839. Учпедгиз. Москва, Чистые пруды, 6. Типография треста Росполиграфпром, гор. Калуга, пл. Ленина, 5. Заказ 426 Цена 1р. 20 к.

Государственное учебно-педагогическое издательство
министерства просвещения РСФСР Москва - 1955



Галилео Галилей

Предисловие

Если перелистать страницы истории развития науки, то можно найти много имён, которые не забываются даже при самом сжатом изложении этой истории.

Роль этих людей в истории науки разная. Одни открыли новые области, другие проложили широкие пути там, где были лишь слегка заметны тропы первооткрывателей, третьи лишь очистили место от зарослей заблуждений и предрассудков.

Всех их трудно выстроить по ранжиру заслуг. Иногда трудно даже сказать, кому человечество особенно обязано в деле открытия тех или иных секретов природы.

Но есть имена, которые бесспорны, когда идёт речь о людях науки первой шеренги. С течением времени они не только не тускнеют, но всё ярче сверкают по мере изучения их роли в истории развития научной мысли.

К этой плеяде принадлежит Галилео Галилей.

У большинства людей упоминание этого имени обычно вызывает представление о развитии астрономии. Галилей для них - это борец за новые, прогрессивные идеи в астрономии, направленные против закоренелых суеверий, преграждавших путь настоящей науке.

Обычно широкому кругу читателей недостаточно известно то, что в один ряд с работами Галилея по астрономии можно поставить его труды в области физики, особенно механики.

В области строения вселенной он дал блестящие подтверждения справедливости учения Коперника. В области же физики он самостоятельно высказал совершенно новые идеи и обосновал их при помощи строгих научных методов. Галилей много способствовал разрушению средневековых, псевдонаучных утверждений схоластиков, он расчистил путь для творцов современной физики.

В данной книге, как это следует из самого её названия, будут разобраны основные научные идеи Галилея в области физики. Его работы в области астрономии будут упоминаться в ней лишь в той степени, в какой это необходимо для полноты облика Галилея как учёного.

В этой небольшой книжке нельзя, конечно, дать сколько-нибудь полного разбора истории развития научных идей того времени в тех областях, в которых творил Галилей. Поэтому предшественники Галилея упоминаются лишь тогда, когда это необходимо для правильного разбора его идей. Среди предшественников Галилея особенно часто упоминается имя Леонардо да Винчи. Это вызвано тем, что очень многое и в тематике работ, и в методике научного творчества роднит этих двух титанов, основоположников новой науки.

Мы увидим далее, что в своих положениях по физике и, в частности, механике Галилей был в ряде случаев не прав или не точен. Ведь в его распоряжении не было такого мощного математического оружия, каким является анализ бесконечно малых.

Галилей блестяще использовал взамен этого геометрические средства, но они не могли ему полностью заменить методов анализа непрерывно изменяющихся процессов.

Наряду с блестящими открытиями Галилея в области физики в этой книге будут разобраны и его наиболее характерные ошибочные положения.

После Галилея осталось большое научное наследство. В отличие от ряда учёных - предшественников его в области физики, это научное наследство сохранилось в виде законченных научных трудов, подготовленных к печати самим Галилеем. Основные труды Галилея написаны в виде диалогов ряда лиц, обсуждающих внешне объективно существо вопроса. Среди собеседников Галилей даёт слово также и ярому защитнику схоластического направления науки того времени. Много в высказываниях собеседников резонёрского, способствующего лишь развитию хода спора. Высказывания этого вида иногда соответствуют взглядам самого Галилея, но в ряде случаев лишь помогают своими псевдоошибочными суждениями развить в желаемом Галилею направлении ту или иную мысль.

Поэтому когда приводятся и разбираются утверждения Галилея, то берутся те из них, которые излагаются "собеседниками", выражающими идеи Галилея. Обращается при этом внимание на то, чтобы эти утверждения по всему ходу изложения бесспорно им разделялись и не были случайными.

Для тех, кто пожелает сопоставить утверждения, приведённые при разборе тем, со всем ходом их обсуждения Галилеем, даются ссылки на страницы русских переводов книг Галилея, откуда эти утверждения взяты.

Эта книга в первую очередь предназначена для преподавателей физики, учащихся старших классов средней школы и для студентов первых курсов. Разбор ошибок Галилея в области физики может помочь найти свежий подход к ряду проблем физики при их изложении на уроке-

Особенно целесообразно использовать эти материалы для внешкольных кружков по физике.

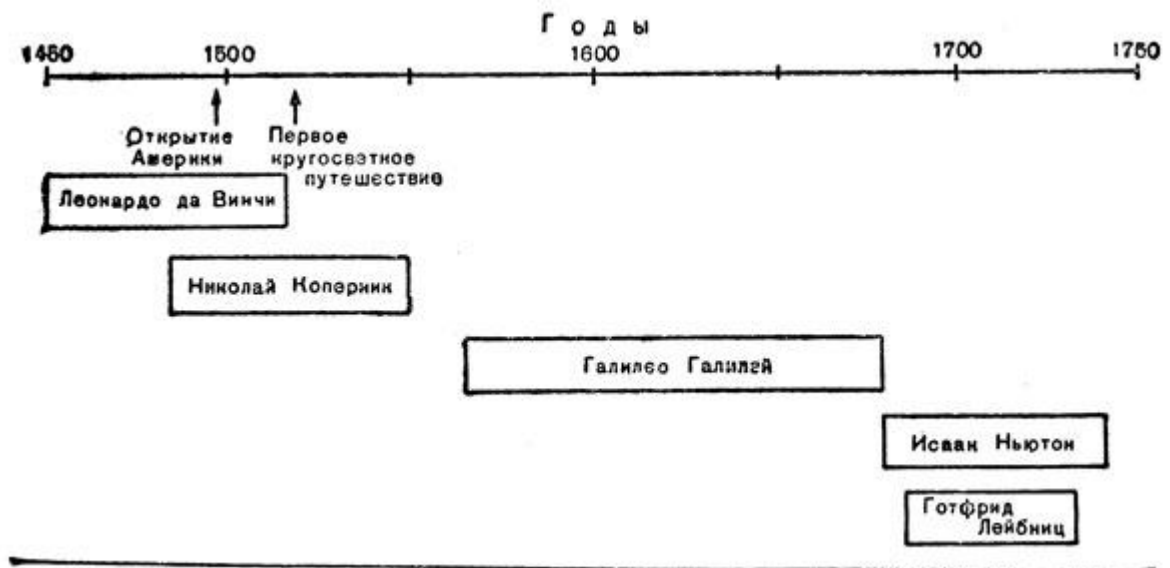
Если эта книга поможет как-то по-свежему, с новой точки зрения подойти к изучению ряда вопросов физики, то основная её задача будет выполнена.

Автору хотелось также добиться, чтобы эта книга была интересна всем тем, кто хотел бы ознакомиться с жизнью и деятельностью одного из крупнейших учёных человечества - Галилео Галилея.

Время, в которое жил Галилей



Ряд веков отделяет период расцвета науки в древние времена от середины второго тысячелетия нашей эры. За это время многое из накопленного древними научного материала после бурных обсуждений и споров успело заостенеть, превратилось в незыблемые догмы.



Одна из основных догм, за которые борется церковь, - положение о конечности мира, о Земле как центре вселенной. Из всего того, во что схоласты превратили аристотелевскую механику, естественно следует необходимость существования бога,

Но середина нашего тысячелетия характерна появлением новой силы. Растёт и борется с феодализмом молодая буржуазия, В этот период она полнокровна и жизнерадостна. Ей нужны хорошие корабли для торговли и надёжные методы их вождения. Она хочет иметь станки и машины для производства товаров.

Она любит красоту и радости жизни. Наступает период расцвета литературы и искусства, но в первую очередь нужна наука не схоластическая, боящаяся соприкосновения с

окружающей жизнью, а базирующаяся на реальном опыте, помогающая познанию природы на благо новых, предприимчивых, смелых сил.

Буржуазии мешают старые, окостеневшие формы католической церкви - рождается протестантизм. Но велика сила привычки. В борьбе с новыми побегам науки реформированная церковь не отстаёт от старой. Вместе с инквизицией она живьём сжигает людей. Инквизиция казнит тысячи свободлюбивых людей. Среди них замечательный итальянский учёный Джордано Бруно.

Но всё же жизнь требует своего. Схоластическая наука начинает быть похожей на осаждённую крепость Гарнизон, защищающий её, состоит из монахов и попов, из псевдоучёных астрологов и всех, кто цепляется за старые, рушащиеся опоры феодализма. Лучшие же люди того времени штурмуют эту крепость.

Новые открытия всё больше вытесняют старые, отжившие представления.

У Энгельса в его заметке "К истории изобретений" приводятся данные об основных изобретениях первых шестнадцати веков нашей эры. Половина из них по количеству и несравнимо большая часть по качеству приходится на XV и XVI вв.

Здесь печатание книг (типографским и литографским способами), уличное освещение, гравирование, карманные часы, прядильное колесо, водолазный колокол, почта, разработка серебряной руды в коях и другие изобретения.

Если продолжить образное представление развития науки того времени в виде осады и штурма крепости схоластических заблуждений, то первым, кто начал всерьёз штурм этой крепости, был Леонардо да Винчи.

В этой борьбе ему "повезло". Он настолько опередил своё время, что его враги в рясах не смогли должным образом оценить всю революционную сущность его научных открытий. Он пробил брешь в стенах схоластики, но продолжить борьбу было некому, и проломы в стенах заросли бурьяном забвения. Величайшие открытия Леонардо долгое время лежали под спудом. Сейчас часто даже трудно судить, в какой степени

учёные последующих лет пользовались путями, проторёнными Леонардо да Винчи.

Между смертью Леонардо да Винчи и рождением Галилея прошло около пятидесяти лет. В это время жили и творили такие учёные, как Тарталья, Кардан и великий Коперник. Это был период подготовки штурма крепости схоластической науки по всему её фронту. И начал штурм Галилей. Его удары были нанесены широким фронтом, начиная от вопросов динамики тела и кончая вопросами мироздания.

Эти разрушительные удары способствовали расчистке места для построения нового здания механика Ньютона (см. схему).

Для полноты характеристики времени, в которое жил Галилео Галилей, следует ещё сказать о том, что происходило в это время на его родине- в Италии, в частности во Флоренции, Пизе и Падуе, где прошла почти вся его жизнь.

Флоренция, где родился также его великий предшественник Леонардо да Винчи, была для Галилея не только родиной, но и местом, в котором он прожил большую часть своей творческой жизни. В период зарождения капиталистических отношений (XIV-XV вв.) Флоренция занимала в Италии особое положение. Многочисленные торговые пути питали её растущее богатство. В ней развивалась текстильная промышленность. Новая форма участия буржуазии в торговле, банковские компании распространили своё влияние из Флоренции не только на всю Италию, но и на многие европейские страны.

Но этот экономический расцвет длился недолго. Несмотря на то что развитие капиталистических отношений на севере Италии началось ранее, чем в других странах Европы, оно неглубоко затронуло экономику этой части страны.

В городах эти новые экономические сдвиги главным образом были связаны с торговлей, сельское же хозяйство было затронуто весьма мало.

С начала XVI в. торговые пути резко переместились, и это подорвало корни богатства Флоренции и других городов Северной Италии. На войны XVI и XVII вв. были истрачены остатки экономического богатства Италии. Затем наступили чёрные годы иноземного владычества, сначала испанского, потом австрийского, и такая же чёрная реакция феодализма.

Галилей жил во Флоренции в последний период расцвета итальянского Возрождения. Италия уступила в последующем ведущую роль не только в экономике, но и в развитии новой науки Западной и Восточной Европе. В ряду ведущих имён вслед за Галилеем уже идут имена Лейбница, Ньютона, Ломоносова.

Жизнь Галилея



1) Первые годы

Галилео Галилей родился 15 февраля 1564 г. в Пизе, в обедневшей дворянской семье. Его отец, Винченцо Галилей, был известным музыкантом даже в это богатое талантливыми людьми время. Он был не только исполнителем, но и композитором, искусствоведам, теоретиком музыки и даже математиком. До нас дошли его труды в области теории музыки и написанные им музыкальные произведения. Преклонение перед античной культурой, столь развитое в период Возрождения, было основой его взглядов.

Отец имел большое влияние на развитие сына. В доме отца Галилей сталкивался с обществом музыкантов и художников. Это, несомненно, способствовало его общему развитию. Ведь Флоренция того времени, в которую переселилась семья Галилео, когда последнему было 11 лет, была одним из самых культурных городов Италии. Этот город был родиной замечательных людей эпохи итальянского Возрождения.

Систематическое образование Галилео получил в монастыре Вальломброза, где он изучал греческих и латинских классиков. В монастыре он был принят в послушники ордена, но отца не устраивала монашеская карьера сына, и он под предлогом того, что у сына началась болезнь глаз, забрал его из монастыря.

Очевидно, что когда семнадцатилетний Галилео был направлен для учёбы в Пизанский университет, у него уже были достаточные знания по литературе и науке античного мира и хорошее общее развитие, полученное под влиянием передового по тому времени окружения его отца.

Медицинский факультет не удовлетворил его. Ему была также чужда философская схоластика официальной науки того времени. Университет ничем не мог его заинтересовать. Он

даже начал склоняться к тому, чтобы стать художником. Влияние отца, однако, сказалось и здесь. По его настоянию Галилео начал изучать труды Евклида и Архимеда. Это определило его последующую судьбу. Архимед стал его любимым учителем на всю жизнь.

Галилей вернулся домой, бросив, наконец, сухие, оторванные от жизни, опостылевшие ему занятия.

Наиболее вероятно, что он вернулся домой без диплома, но увлечённый содержанием и стилем трудов Архимеда. Влияние Архимеда красной нитью проходит через всю жизнь Галилея.

2) Начало научной деятельности

Четыре года пребывания Галилео дома, во Флоренции, были годами упорных занятий по математике. Молодой Галилей много думал и искал. В 1586 г. появилась первая его самостоятельная работа. В ней описаны изобретённые им гидростатические весы.

В этот период он также много занимался вопросами вычисления центров тяжести тел.

Вслед за ним этим вопросом занимались многие учёные, и в первую очередь Мавролик* и Убальди**. К этому-то Убальди и попали работы Галилея. Он очень высоко оценил их, и, несмотря на то, что был примерно на 10 лет старше Галилея и имел уже большой научный авторитет, стал его другом и почитателем.

По ходатайству Убальди перед великим герцогом тосканским Фердинандо Медичи Галилей был назначен в 1589 г. профессором математики в Пизанский университет.

* (Франциск Мавролик - математик и оптик. Родился в 1494 г. Грек по национальности, бежал от турок, жил и работал в Мессине. Много занимался оптикой и геометрией. В области определения центров тяжести начал с повторения работы Леонардо да Винчи по определению центра тяжести пирамиды, работы, сделанной до него, но, возможно ему неизвестной.)

** (Гвидо Убальди - под этим именем в научном мире был извештен маркиз дель Монте. Родился в 1547 г. Умер в 1607 г. Крупный учёный-математик и механик. Он сыграл большую роль в первый период жизни Галилея, покровительствуя ему и ходатайствуя за него перед тогдашними правителями Тосканы.)

Преподавательская работа не интересовала его. Он был вынужден и в вопросах астрономии, и в вопросах механики слепо следовать господствовавшим тогда взглядам. Он не мог сделать иначе, даже если бы этого хотел. Тем более, что вряд ли в то время у него уже настолько сложились новые взгляды, чтобы он мог вступить в борьбу с освящёнными временем и привычкой воззрениями Аристотеля,

В области механики он только начал свои работы по установлению законов свободного падения тел и выяснению основ теории качания маятника. В области же астрономии его знакомство с учением Коперника началось, очевидно, ещё в ранние годы его жизни. Однако достаточно полно разделять взгляды Коперника Галилей начал лишь в конце XVI в., примерно через десять лет после пизанского периода его жизни.

Деятельность Галилея в период 1589-1592 гг. овеяна рядом легенд. Говорят о публичных опытах, производимых Галилеем при сбрасывании тел с вершины "падающей" пизанской башни. Существуют красочные рассказы о том, как пришли Галилею первые идеи об использовании законов маятника для установления теории движения падающего тела, в процессе наблюдения за качающимися паникадилами разной длины, подвешенными к своду церкви. При этом для определения периода качания Галилей пользовался якобы частотой своего пульса.

Были или не были в действительности эти красочные подробности, бесспорно, что в пизанский период Галилей много работал над вопросами свободного падения тел и над основами теории маятника. В этот период им была написана работа "Диалог о движении". В ней ещё много противоречий и даже заблуждений, которые Галилей в последующем преодолел, но уже здесь бесспорны веяния новой механики, критикующей основы аристотелевских взглядов.

Пизанский период в жизни Галилея очень важен и с точки зрения становления его взглядов в области механики. Ряд биографов утверждает, что Галилей покинул Пизу и вернулся домой во Флоренцию потому, что он боялся неприятностей от представителей аристотелевской школы-перипатетиков*, к которым принадлежало подавляющее большинство властителей церкви и светской власти. Другие** считали, что

здесь сыграли роль чисто материальные интересы, Они обосновывали это тем, что в Пизе Галилей получал за свою профессорскую деятельность 60 флоринов, в то время как в первый же год его преподавания в Падуе он получал 180 флоринов, причём этот оклад рос год от года и достиг в 1609 г. суммы в 1000 флоринов.

Однако скорее всего для Галилея были важны более благоприятные условия работы в Венеции, связанные с её более высоким уровнем промышленного развития. Сам Галилей на первых же страницах своего классического труда "Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки"*** вкладывает в уста одного из собеседников, излагающего его собственные мысли, следующую фразу:

"Обширное поле для размышления, думается мне, даёт пытливым умам постоянная деятельность вашего знаменитого арсенала, синьоры венецианцы, особенно в области, касающейся механики".

Так или иначе, но в 1592 г. он снова вернулся во Флоренцию, и снова к нему на помощь пришёл его друг и покровитель Убальди и помог его назначению на должность профессора математики Падуанского университета, куда он и переехал в том же 1592 г.

* (Перипатетики - учёные средних веков, считавшие себя учениками и последователями школы Аристотеля. Эти "ученики" выхолостили из его учения всё "живое". Название "перипатетики" произошло от греческого слова "перипате", что означает прогулка. Дело в том, что Аристотель свои взгляды излагал ученикам во время прогулок.)

** (См., например, том I книги М. Выгодского "Галилей и инквизиция", где автор для подтверждения своих взглядов приводит выписки из кассовых книг Пизанского и Падуанского университетов.)

*** (Полное название см. в главе V.)

3) Падуанский период в жизни Галилея

Этот период длился долго. В Падуанском университете Галилей преподавал с 1592 по 1610 г. Не только продолжительность падуанского периода, но и перечень того, что сделано за это время Галилеем, позволяет считать этот период самым плодотворным в его жизни. Многие из того, что было открыто и разработано за этот период, легло в основу двух главных его трудов, написанных в конце его жизни, - "Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки" и "Диалог о двух системах мира".

В Падуанском университете Галилей читал лекции по астрономии, вёл частные занятия с богатыми и знатными людьми по естествознанию и математике. Это была его официальная часть жизни. Для "души" он много работал над подтверждением учения Коперника, над вопросами механики, гидростатики и другими вопросами.

Его официальные взгляды часто находились в резком противоречии с личными. Читая лекции по астрономии, он вынужден был излагать систему Птолемея, обосновывать её справедливость и, следовательно, доказывать несправедливость учения Коперника.

С другой стороны, он накапливал данные своих астрономических наблюдений и обобщал их для своего труда по астрономии - "Звёздного вестника". Этому труду, изданному в 1610 г., в конце падуанского периода, суждено было подорвать основные позиции противников Коперника. Об этой деятельности знали лишь его близкие друзья. Для остальных он был верным сыном церкви, профессором Падуанского университета, лекции которого состояли из привычных, неизменных в течение многих веков положений.

В падуанский период им была проделана большая работа по теории простейших машин. Эта работа ещё базируется на статических основах теории равновесия, но в ней уже можно найти начальные положения принципа возможных перемещений*.

* (Этот принцип изучается в высшей школе, в курсе теоретической механики.)

В этот период окончательно определились те идеи, которые Галилей положил в основу своей механики. Здесь и основы теории свободного падения тела, и вопросы, связанные с движением тела по наклонной плоскости, и законы движения тел, брошенных под углом к горизонту.

В этот период начаты его работы по сопротивлению материалов и ряд работ в других областях. Всё это будет разобрано более подробно в следующей главе.

О работах Галилея знал лишь узкий круг его друзей. Но расходились копии его рукописей, описывались результаты работ в его собственных письмах и в письмах его друзей. Поэтому репутация Галилея как крупного ученого росла, и весть о его трудах далеко расходилась за границы Тосканы и Венеции.

В это время с ним искал переписки известный датский астроном Тихо Браге. Галилея знали уже многие учёные Италии и зарубежных стран.

4) Первые астрономические наблюдения Галилея

Много споров было вокруг вопроса о том, был ли Галилей в действительности изобретателем подзорной трубы. Ведь сам он на это не претендовал. Но факты неоспоримы. Первую свою трубу Галилей построил в 1609 г. За несколько лет до этого в Голландии уже была известна подобная труба.

Однако не большим ли открытием, чем факт изготовления подобной трубы, было направление Галилеем этой трубы на небо. Для того времени исключительно смелой была попытка Галилея искать опытным путём ответа на вопросы строения вселенной. В области науки, где среди большинства учёных считался незыблемым лишь философский, умозрительный метод, попытка искать фактический материал для решения вопроса о строении вселенной была сама по себе гениальным открытием. Теперь, когда люди вооружены современными знаниями о строении вселенной, трудно даже понять психологические препятствия, которые нужно было преодолеть Галилею, чтобы принять такое решение.

Первая подзорная труба, изготовленная Галилеем, увеличивала всего в три раза. Вскоре он изготовил трубу с увеличением в 32 раза. Всё больше мог видеть Галилей, и

одно за другим накапливались открытия, делались бесспорными факты, обосновывающие правоту коперниковской системы построения мира.

Галилей увидел, что поверхность Луны покрыта горами и имеет кратеры. Этим была поколеблена справедливость утверждений об идеальной форме небесных тел и исключительности, неповторимости строения Земли.

У Юпитера были найдены свои четыре луны. Млечный путь распался на мириады звёзд. Обнаружились новые звёзды, которые не были видны невооружённым глазом.

Свои первые наблюдения Галилей опубликовал в 1610 г. в работе, названной "Звёздный вестник", Это была первая работа Галилея, где он открыто защищал взгляды Коперника. Научные открытия Галилея произвели ошеломляющее впечатление. Имя Галилея стало популярным в научных кругах. Но вместе с тем росло число противников и врагов Галилея.

Одни - огульно отрицали результаты наблюдений, которые противоречили учению Аристотеля и, следовательно, не могли быть правильными. Другие - делали попытки изобразить наблюдения Галилея как результат оптических искажений его трубы. Всё это было направлено на компрометацию его открытий.

Полемика, часто беспредметная, росла, но начали появляться и случаи поверочных наблюдений, произведённых другими учёными, Естественно, что эти наблюдения подтверждали справедливость открытий Галилея. От новых открытий отмахнуться было уже нельзя, а это ещё больше возбуждало перипатетиков против Галилея,

Галилей должен был сделать выбор: или сохранить репутацию верного сына церкви и учёного, добросовестно излагавшего всё по-старому, и соответственно отказаться от "еретических заблуждений", или бороться за правоту своих истинных взглядов.

Галилей выбирает второй путь. Он наивно надеется, использовав покровительство князей церкви, сохранить маску набожного христианина и под этой маской пропагандировать свои революционные научные открытия.

5) Переезд во Флоренцию

Венеция, куда входил город Падуя, была республикой, и для воздействия инквизиции была одним из наименее достигаемых мест в Италии, Поэтому друзья убеждали Галилея, что после опубликования "Звёздного вестника" ему целесообразнее остаться в Падуе. Но Галилей тянулся на родину. Он надеялся, что там "сильные мира сего" защитят его не хуже, чем власти Венецианской республики.

Правительство Венецианской республики старалось удержать Галилея, Ещё в 1609 г. оно приняло решение о пожизненном закреплении за ним его должности в университете и высоко подняло при этом его жалование.

Но Галилей хотел вернуться на родину, и несмотря на то, что он терял многих своих друзей, которые не хотели ему простить ухода на дворцовую должность, он упорно добивался своего.

История переезда Галилея во Флоренцию такова: ещё в 1605 г., тяготясь преподавательской деятельностью, которая заставляла его излагать взгляды, противоречащие его убеждениям, он обратился с письмом к своему бывшему ученику, наследнику тосканского герцогского престола - будущему великому герцогу Козимо II Медичи, в котором просил принять его на службу при тосканском дворе. Не получив ответа, в 1609 г. он повторно обратился к Козимо Медичи и просил дать возможность служить своему законному государю. Но и в этом случае он не добился положительного решения; имя его среди широкого круга людей при дворе во Флоренции ещё не было достаточно известно.

Работы с подзорной трубой резко изменили положение Галилея. Его имя стало очень популярным. Вокруг его работ шли горячие споры. Многие представители науки восторженно отзывались о них. Например, один из окружения учёного - Порто в Неаполе, описывая в своём письме впечатления, которые произвели на него работы

Галилея с подзорной трубой, говорил, что если истекший век прошёл под знаком открытия новых земель, то XVII век пройдёт под знаком открытий новых миров, прославляя имя Галилея.

Революционный характер работ Галилея, однако, ещё не был достаточно осознан. Трудности и угрозы были ещё впереди.

Друзья предупреждают Галилео об опасности. Один из них, Сагрето, пишет Галилею: "Конечно вы оказались у себя на родине и служите своему великому государю, но в Венеции вы не служили никому, кроме самого себя... и, наконец, вы находитесь там где отцы иезуиты, как говорят, пользуются большим почётом, и это меня очень беспокоит".

В 1610 г. Галилей пишет письмо министру флорентийского двора. В этом письме уже не было просящего покорного тона. Он настойчиво просит ответа. Он пишет, что ему осталось недолго жить, что он хочет остаток жизни посвятить, не отвлекаясь, окончанию задуманных им трудов и хочет узнать, может ли он надеяться на то, что флорентийский двор создаст ему для этого необходимые условия.

В этом письме и надо искать ответ на вопрос о том, что же побудило Галилея бросить службу республике и стремиться перейти на дворцовую должность. Здесь, безусловно, и семейные обстоятельства, и стремление на родину, но в первую очередь поиски условий для творческой работы.

Галилею кажется, что ему удастся сохранить нормальные отношения с церковью и со светской властью. Ведь Козимо II Медичи был его учеником, а кардинал Барберини, будущий папа Урбан VIII, был его другом и покровителем.

В сентябре 1610 г. Галилей вернулся на родину.

6) Флорентийский период

18 лет, которые провёл Галилей в Падуге, были насыщены открытиями в области механики, гидростатики, сопротивления материалов, акустики и, наконец, астрономии. Этот период сам Галилей, несмотря на нелюбовь к преподавательской деятельности, называл счастливыми годами своей жизни.

Но это был ещё период накопления материала, выводов, открытий. Галилей ещё очень немного опубликовал, а многое даже не обработал. Публикация основных трудов была ещё впереди. Пока он переживал период успеха своих астрономических открытий.

Когда Галилей в 1611 г. поехал в Рим, это была его триумфальная поездка. Великий герцог снабдил его средствами для поездки и рекомендательными письмами к владетельным в Риме лицам.

Учёные-иезуиты в римской коллегии встретили его с почётом и становились на его сторону в спорах о правдоподобности его последних открытий. Так же восторженно его встретили при папском дворе, где он приобрёл новых высоких покровителей. Всё шло хорошо. Никто ещё не понимал, какое значение для подрыва догматов церкви имели открытия этого почётного гостя.

Галилей возвратился домой. Теперь, казалось бы, ничто не мешало его работе. В 1612 г. он издал свой труд "Рассуждения о телах, пребывающих в воде, и тех, которые в ней движутся".

Под этим "спокойным" названием была скрыта первая работа Галилея, прямо направленная против взглядов Аристотеля. В этом труде разбираются законы равновесия в жидких телах и гидростатическим путём обосновывается метод возможных перемещений.

Если первое столкновение с взглядами Аристотеля произошло на сравнительно спокойном участке борьбы, то письмо Галилея о солнечных пятнах, написанное в это же время и получившее широкое распространение, было уже столкновением на главном участке. И это не могло не сказаться на отношениях церковников к Галилею.

Вслед за письмом Галилея к аббату Кастелли, посвященном разбору вопроса о солнечных пятнах, последовал донос доминиканца Каччини в инквизицию, Но репутация Галилея ещё была вне сомнения, У него в Риме были высокие покровители, и доносу не дали ходу.

Но перипатетики не утихали Они всячески пытались доказать, что труды Галилея крамольны, направлены против основ религии. Они всячески добивались официального решения о несовместимости учения Коперника с догматами церкви.

Следует второй донос на Галилея, некоего Лорини. Отношение к Галилею в Риме начало меняться. Его покровители всё больше занимали по отношению к нему

сдержанную, осторожную позицию, Враги же становились всё более активными, Уже не только астрономические взгляды, но и положения новой механики подвергались нападкам. В одном из писем своим покровителям Галилей жаловался на Каччини, который утверждал, что математика - богопротивная наука, а математиков нельзя считать истинными христианами.

Над представителями новой науки всё более сгущались тучи, Галилей вёл обширную переписку, доказывая несправедливость гонений. В 1615 г, он предпринял новую поездку в Рим, Он хотел предотвратить признание учения Коперника еретическим учением, Галилей хотел также личными объяснениями рассеять всё более растущие по его адресу обвинения.

Друзья и покровители Галилея пытались доказать, что коперниканские взгляды Галилей принимает не абсолютно, а как удобный математический приём, и что это, мол, не является враждебным актом против религии.

Для этой поездки великий герцог снабдил Галилея рекомендательными письмами к кардиналам. В них он писал: "Математик Галилей направляется в Рим; он отправляется по своему желанию, чтобы отвести от себя некоторые обвинения или, лучше сказать, клеветнические наветы". И далее: "Я всегда считал его человеком благонамеренным и очень преданным и ревностным в религиозном отношении... Я убеждён, впрочем, что он оправдается во всех своих поступках и что его мнения отнюдь не являются ошибочными, как это хотят доказать некоторые".

В Риме ему всё же пришлось давать показания. Ему удалось, однако, с помощью высоких покровителей отвести обвинения от себя, но не удалось предотвратить осуждения тех взглядов, которые ему были дороги. Наоборот, в 1616 г. решением конгрегации инквизиторов был опубликован декрет, которым принятие и распространение учения Коперника как истинного признавалось пагубным для католической догмы, а книга Коперника была включена в список "временно задержанных и подлежащих исправлению".

Перед Галилеем стала дилемма: отречься от своих взглядов или вступить в открытый конфликт с официальной церковью. Попытки примирить свою официальную религиозность и

дружбу с церковью с защитой взглядов, которые он считал единственно правильными, делались всё более невозможными.

7) Гонения церкви

Перед отъездом из Рима Галилею было формально предложено отказаться от учения Коперника и запрещено выступать в защиту его взглядов. Галилей вынужден был подчиниться. С 1616 г. по 1623 г. наступил "немой период". Есть основания считать, что он много работал в это время, но был вынужден скрывать результаты своих трудов от внешнего мира.

В 1623 г. покровитель Галилея кардинал Барберини стал папой Урбаном VIII. Галилей понял это как освобождение от обязательств, данных им в 1616 г. В 1624 г. он в третий раз поехал в Рим, чтобы добиться отмены ограничений в своей научной деятельности.

В Риме он был снова хорошо принят при дворе папы. Поэтому, несмотря на то, что ему не удалось добиться официальной отмены ограничений, он, вернувшись домой, начал подготавливать к опубликованию свою работу "Диалог о двух системах мира".*

Характеристика этой крупнейшей работы Галилея будет дана ниже, здесь лишь отметим, что этой книге была придана форма диалога, чтобы она вызвала наименьшие придирки. Книга оформлена в виде рассуждений трёх друзей, один из которых защищает официальную, одобренную церковью точку зрения. Таким образом, автор как бы стоял в стороне. Он якобы лишь старался объективно изложить обе точки зрения.

После долгих хлопот Галилею удалось получить разрешение на опубликование этой книги, и в 1632 г. она вышла в свет. Этот труд произвёл большое впечатление, но настолько ожесточил его врагов, что они сумели восстановить папу против Галилея. Тем самым они лишили его поддержки, надеясь на которую он решился выступить со своей книгой.

* (Первоначально Галилей намеревался назвать эту работу "Диалог о приливах и отливах".)

В 1633 г. его вызвали в Рим, где против него был начат процесс. Его покровителям не удалось отвести угрозу. Им удалось добиться только того, что на время следствия его не посадили в тюрьму, а держали под домашним арестом. После ряда допросов с угрозами пытки Галилей публично отрёкся от "еретического" учения Коперника.

8) Узник инквизиции

Решением трибунала последняя книга Галилея была признана запрещённой. Галилею было запрещено публиковать что-либо из своих работ и даже вести с кем-либо разговоры о законах движения Земли.

Галилей был признан "узником инквизиции". Сначала он жил в Риме под надзором, но вскоре ему было разрешено переехать в свою виллу под Флоренцией. Доступ к нему был затруднён и небезопасен, и последние годы Галилей доживал одиноким, больным и слепнувшим стариком,

Но дух его не был сломлен. Он сам писал: "Я хоть и молчу, но провожу жизнь не совсем праздно". В эти годы им был закончен величайший труд его жизни - "Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки"*

Книга эта вышла в 1638 г., незадолго до его смерти, но в Лейдене, далеко от его родины.

В 1642 г. Галилей умер. Даже после смерти продолжалось гонение на Галилея. Иезуиты охотились за его рукописями, стремясь их уничтожить. Предсмертное пожелание Галилея, чтобы его похоронили во Флоренции, было выполнено лишь в 1737 г. Почти через сто лет после его смерти прах Галилея был похоронен рядом с его великим соотечественником Микель Анджело.

Тело Галилея нашло успокоение через сто лет после смерти. Литературное наследство его, скрываемое учениками и друзьями от уничтожения, было собрано и восстановлено лишь через много лет.

* (Далее мы будем эту книгу называть просто "Беседы".)

Научная деятельность Галилея



1) Объём и характер работ

Галилей, как это уже указывалось ранее, ещё в свои студенческие годы, не имея никакой склонности к медицине и не увлёкшись философией Аристотеля, с глубокого изучения которой начиналось университетское образование на любом из факультетов, полюбил древних геометров Евклида и Архимеда. Последний особенно увлёл Галилея. Он оказал влияние на всю его научную деятельность и фактически являлся его учителем.

В период расцвета итальянского Возрождения был весьма распространён тип учёного-универсала, часто соединявшего в себе не только разносторонние знания в научной области, но и способности в области каких-либо видов искусства. Классическим образцом такого вида учёного был Леонардо да Винчи. Галилей жил после него примерно через сто лет. Как будет показано ниже, нельзя утверждать, что наука развилась настолько, что человеческих сил не хватало уже на то, чтобы быть универсальным учёным. Тем не менее Галилей был уже более целеустремлённым в своих занятиях. Перечень проблем, которыми он занимался, уже не настолько энциклопедичен, как у Леонардо да Винчи.

Большую целеустремлённость Галилея следует объяснить особенностями его характера, не мирившегося с общим решением вопроса, умевшего всю жизнь не бросать темы, если она не доработана им до достаточной глубины. Очевидно, здесь сказалось и влияние древних геометров, которых Галилей высоко ценил. Оно выразилось в стремлении к поиску чётких формулировок, точных доказательств и в умении выискивать основные следствия из исходного доказательства. Оно же приучило Галилея к поиску наглядности в выводах и их бесспорной убедительности. При таком подходе к вопросу трудно сильно расширить тематику своих исследований. Такая методика тянет вглубь, а не вширь.

Проблемы, которыми занимался Галилей, почти полностью могут быть сведены к механике и астрономии (к этим двум основным отраслям могут быть прибавлены лишь отдельные вопросы из оптики, акустики и теории газов, над которыми работал Галилей).

Но зато в области механики такие разделы, как равномерное и равноускоренное движение тел, движение тел, брошенных под углом к горизонту, и теория маятника, разработаны до такого совершенства, которое никому не было под силу до Ньютона.

Сам Галилей оценивает эти свои работы следующим образом:

"Мы создаём совершенно новую науку, предмет которой является чрезвычайно старым. В природе нет ничего древнее движения, но именно относительно него философами написано весьма мало значительного". И далее: "Некоторые более простые положения нередко приводятся авторами, так, например, говорят, что естественное движение падающего тяжёлого тела есть движение ускоренное. Однако, в какой мере нарастает ускорение, до сих пор не было указано... Было замечено также, что бросаемые тела или снаряды описывают некоторую кривую линию; но того, что линия эта является параболой, никто не указал".

В области астрономии Галилей подвёл незыблемый фундамент под учение Коперника. До Галилея астрономия была чаще всего лишь ареной для философских и математических споров. Галилей сделал, казалось бы, простую вещь: он направил построенную им подзорную трубу на небо. Но этим он резко увеличил объём того, что предшественники могли видеть простым глазом: он открыл возможность умозаключений при помощи новых данных опыта. В наше время трудно даже понять, какой чисто психологический барьер надо было преодолеть, чтобы рискнуть на это. Один лишь поворот подзорной трубы на небо приобретал в этих условиях характер величайшего открытия,

Галилеи говорит о своих астрономических наблюдениях: *"Во-первых, я стараюсь доказать, что все опыты, могущие быть произведены на Земле, не дают достаточных доказательств её подвижности, что все явления могут происходить совершенно одинаково как при*

подвижности Земли, так и в случае пребывания её в покое. Во-вторых, здесь рассматриваются небесные явления, подкрепляющие гипотезу Коперника настолько, что она как будто должна восторжествовать".*

2) Предшественники Галилея

Предшественниками Галилея в тех областях научной мысли, где он работал, были учёные древности и учёные, работавшие во времена, непосредственно примыкающие к периоду его жизни.

Средние века ничего существенного не дали даже в деле развития научных трудов древнего мира, не говоря уже о выдвижении новых идей.

Ф. Энгельс так характеризует эпоху Галилея^{**}: "Главная работа в начавшемся теперь первом периоде развития естествознания заключалась в том, чтобы справиться с имевшимся налицо материалом. В большинстве областей приходилось начинать с самых азов. От древности в наследство остались Евклид и солнечная система Птолемея, от арабов - десятичная система исчисления, начала алгебры, современное начертание цифр и алхимия, - христианское средневековье не оставило ничего. При таком положении вещей было неизбежным, что первое место заняло экспериментальное естествознание - механика земных и небесных тел".

В области физики в XVI веке сохранили своё влияние труды Аристотеля, а также труды представителей школы математической физики Евклида и Архимеда. Система взглядов Аристотеля в области физики, дошедшая до этого времени, была построена на умозаклучениях, пренебрегающих фактами; она в основе своей таила неспособность к последующему развитию. Сторонники учения Аристотеля тратили свои силы и знания лишь на словесные доказательства взглядов учителя. Это со временем привело к закостенелости и выхолащиванию всего живого из аристотелевской системы взглядов.

^{*} (Учение Коперника Галилей называет гипотезой, так как иначе её запрещено было называть. Боязнь цензуры вызваны и осторожные слова "как будто".)

^{**} (Ф. Энгельс, *Диалектика природы*, 1953, стр. 5.)

Ко времени Галилея учение Аристотеля превратилось в мощную преграду развития науки. Без борьбы с подобными взглядами нельзя было найти новых путей и, следовательно, обобщить накопленный огромный эмпирический материал. Труды Евклида и Архимеда были значительно более богаты возможностями, но сами по себе они давали главным образом лишь математические приёмы. Их математический метод мог помочь прогрессивному развитию науки, если его приложить к решению задач, поставленных в полном соответствии с накопленными опытными данными. Это и проделал Галилей.

Среди тех, кто работал в области физики во время, примыкающее к периоду жизни Галилея, первым должен быть назван Леонардо да Винчи. Галилей родился примерно через пятьдесят лет после смерти Леонардо да Винчи. Следовательно, примерно за сто лет до того, как Галилей сам начал заниматься вопросами механики, Леонардо было разработано понятие об инерции тел, дана первая часть закона о свободном падении тел, установлен характер кривой брошенного под углом к горизонту тела и целый ряд других положений*. Галилей, не зная трудов своего предшественника, вынужден был заново разработать все эти вопросы.

Выражение "заново разработать", очевидно, полностью соответствует истине. В истории науки нет никаких указаний о том, что труды Леонардо да Винчи были известны Галилею. Когда жил и творил Галилей, записи Леонардо да Винчи лежали на чердаке и не только не были открыты для науки, но даже не попали ещё в руки перекупщиков и коллекционеров.

После Леонардо да Винчи, основоположника новой механики, этими же вопросами занимался итальянский математик Тарталья (1501 - 1559 гг.) и итальянский учёный Кардан (1501 - 1576 гг.). Они знали друг друга и обменивались результатами своих исследований. В вопросах механики они оба отчётливо противопоставляли свои взгляды учению Аристотеля. Однако в их враждебных схоластике работах было много умозрительных, неверных утверждений.

* (В соответствующих темах VII главы эти вопросы будут разобраны подробнее.)

По сравнению с механикой Леонардо да Винчи их работы были часто шагом назад. Тарталья и Кардан могли знать о трудах Леонардо, но в какой мере влияние этих трудов сказалось на их работах - установить сейчас трудно. Вот в основном и всё, что могло достаться в наследство Галилею в области механики.

Перейдём теперь к вопросам астрономии. И здесь исходными положениями, против которых пришлось бороться Галилею, были системы взглядов Аристотеля и Птолемея о центральном и особенном положении Земли во вселенной и о единственности этой вселенной. К этому кругу вопросов примыкало также схоластическое учение о тяжести и лёгкости тел, о совершенстве кругового движения и ещё ряд других умозаключений. Ко времени Галилея всё это сплелось в запутанный узел с догматами церкви и основными положениями библии. В работах по механике борьба против аристотелевских взглядов не представляла непосредственной опасности вступить в конфликт с церковью. Выступление против господствовавших в то время взглядов в области вопросов мироздания, вне зависимости от побуждающих его причин, ставило учёного в положение воинствующего противника церкви, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Это и почувствовал на себе Галилей*.

Нельзя сказать, что астрономия, как и механика, дошла до времён Галилея в своём неизменном птолемеевском виде. Нет, в этой области работали многие астрономы, пытавшиеся введением новых комбинаций круговых движений, дополнением новых эпициклов как-то увязать противоречия между опытными данными и теоретическими взглядами. Ведь астрономия нужна была не только для философских рассуждений, но и для вождения кораблей. Были такие учёные**, которые робко пытались утверждать, что, возможно, Земля не является центром вселенной. Но эти утверждения не были подтверждены бесспорными фактами. Последователей аристотелевской и птолемеевской школы трудно было сбить с позиций одними рассуждениями. В области абстрактных рассуждений они были сами сильны.

* (Правда, ему это не стоило жизни, как Джордано Бруно.)

** (Например, хорезмский учёный Бируни (973 - 1048 гг.), Николай Кузанский (1401 - 1464 гг.).)

Непосредственным предшественником Галилея был польский учёный Коперник, который первым высказал утверждение, что Земля - не центр вселенной, а такая же планета, как ряд других. Открытиям Галилея суждено было подвести фундамент под эти утверждения и тем самым способствовать крушению старых, отживших представлений и открытию путей для развития современной астрономии.

3) Работы Галилея в области механики

Нетрудно определить, что сделано Галилеем по основным вопросам. Для этого достаточно прочитать его "Беседы", в которых он за несколько лет до своей смерти систематизировал всё, что им было сделано в этой области.

В ряде случаев разбор этих вопросов облегчается тем, что сам Галилей в этой работе указывает, что он наследовал от своих предшественников и что разработал или открыл заново.

Галилей занимался следующими основными вопросами механики:

- 1) равномерным движением тел;
- 2) законом свободного падения тел;
- 3) движением тел по наклонной плоскости;
- 4) теорией маятника;
- 5) законом сложения сил;
- 6) движением тела, брошенного под углом к горизонту;
- 7) разработкой понятия относительного движения.

Прежде чем перейти к рассмотрению того, что сделал Галилей в каждом из этих разделов механики, следует остановиться на некоторых общих положениях.

Галилей оставил после себя не отдельные работы или даже отрывочные записи о них, как это, например, имело место с научным наследством Леонардо да Винчи, а им самим написанное, систематизированное изложение всего того, к чему он пришёл в области механики.

Изложены эти вопросы прекрасным литературным языком, в стиле лучших традиций древних геометров. В трудах видно стремление к чёткости и глубине формулировок. Для времени Галилея это является исключительным явлением, которое может быть оценено должным образом, если мы учтём, что ни о какой установившейся терминологии в то время ещё не могло быть речи. Галилей стремился каждое из своих утверждений сопровождать основными следствиями, которые из этих утверждений вытекали.

Второе, о чём следует сказать, - это о применяемых Галилеем математических методах.

Выше говорилось, что любимым его учителем был Архимед. Галилей развил метод геометрических построений Архимеда. Для анализа законов неравномерного движения выгодней было пользоваться аналитическими методами, опирающимися на дифференциальное исчисление, но последнее было открыто много позже.

Далее будут приведены примеры того, как геометрические приёмы, которые применял Галилей, позволяли ему в отдельных случаях решать задачи значительно проще и нагляднее, чем решение их современными приёмами.

Изложение своих работ по механике Галилей^{*} начинает с рассмотрения равномерного движения. Здесь Галилей внёс, на первый взгляд, не много нового по сравнению с тем, что по этому вопросу было известно до него. Он дал определение понятию "равномерное движение", уточнил его, исключив возможность ошибки из-за скрытой неточности предыдущих формулировок, и целым рядом задач проиллюстрировал свойства такого движения. Если внимательно прочесть это место "Бесед", то станет ясным, что Галилей ставил своей целью уточнение терминов и формулировок и иллюстрацию применяемого им математического метода.

Иначе обстоит дело с вопросом о законах свободного падения тел. До Галилея физика располагала лишь ложным утверждением Аристотеля о том, что тело падает потому, что его толкает воздух, врывающийся в разреженную область позади тела, образующуюся при его падении.

^{*} (См. "День третий" "Бесед".)

Очевидно, Галилей не знал трудов Леонардо да Винчи по этому вопросу, но если бы и знал их, он смог бы воспользоваться лишь открытием Леонардо да Винчи по первой части вопроса. Оно состояло в том, что причиной падения тела является сила тяжести и что движение тела при этом имеет равноускоренный характер. Развивая это утверждение, Леонардо да Винчи пытался совместить несовместимое. Он указывал, что при таком равноускоренном движении не только скорость, но и пройденный путь нарастает на постоянную величину в единицу времени. Галилей начал с доказательства того, почему движение свободно падающего тела должно быть равноускоренным. В современной механике для нахождения законов свободного падения обычно пользуются вторым законом Ньютона, гласящим, что изменение количества движения тела в единицу времени равно действующей силе и направлено по этой последней. Его можно написать в виде:

$$(1) \quad \frac{dp}{dt} = F$$

или, утвая, что количество движения p равно произведению массы на скорость

$$(2) \quad p = m \cdot v,$$

мы можем также написать (при условии, что изменением массы со скоростью можно пренебречь):

$$(3) \quad m \frac{dv}{dt} = F$$

Отсюда, если сила равна нулю, изменение скорости тоже равно нулю. Движение тела в этом случае будет равномерным, или в частном случае тело будет в покое (скорость постоянна или равна нулю).

Если же сила равна постоянной величине, то изменение скорости будет тоже постоянной величиной, т. е. движение будет равноускоренным.

Законы Ньютона были сформулированы почти через 50 лет после смерти Галилея и ему, следовательно, приходилось начинать с обоснования, почему при постоянной величине действующей силы движение будет равноускоренным.

Доводы, которые использует для этого Галилей, многообразны. Он утверждает, что *"Умом своим мы можем признать такое движение единообразным и неизменно равномерно ускоряющимся, так как в любые равные промежутки времени происходят и равные приращения скорости"*, и в другом месте говорит: *"Поэтому, когда я замечаю, что камень, выведенный из состояния покоя и падающий со значительной высоты, приобретает всё новое и новое приращение скорости, не должен ли я думать, что подобное приращение происходит в самой простой и ясной для всякого форме?"*

Но во всех этих умозаклчениях больше уверенности в том, что это именно так и должно происходить, чем. убедительности, а убеждать перипатетиков-мастеров словесных узоров их же оружием вряд ли эффективно.

Как бы чувствуя это, Галилей основной упор делает на результаты опытных данных. Он говорит, например: *"Мы тем не менее решили рассматривать только те явления, которые действительно имеют место в природе при свободном падении тел"*, и далее: *"Наконец, к исследованию естественно ускоренного движения нас непосредственно привело внимательное наблюдение того, что обычно имеет место и совершается в природе"*.

Утверждение, что движение свободно падающего тела происходит равноускоренно, является само по себе большим открытием, но не решает полностью задачи.

В современной механике исходное выражение для равноускоренного движения пишется в виде:

$$m \frac{dv}{dt} = F$$

или, что то же:

$$(4) \quad \frac{dv}{dt} = \frac{F}{m} = g$$

отсюда легко можно вывести остальные выражения, которые нужно знать, чтобы судить о законах равноускоренного движения.

Выражение для изменения скорости со временем может быть написано в вида:

(5)

$$v = gt,$$

учтя, что

$$v = \frac{ds}{dt}$$

мы можем написать выражение для пройденного пути:

(6)

$$s = \frac{gt^2}{2}$$

отсюда для величины времени, необходимого для того чтобы пройти путь S , можно написать следующее выражение:

(7)

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

и для скорости, которую будет иметь тело в конце заданного пути:

(8)

$$v = \sqrt{2gs}$$

Методы математического анализа для таких вычислений были разработаны Лейбницем значительно позже, а пока Галилею приходилось искать другие пути. Он находил их при помощи излюбленной им геометрии, причем наглядным путём устанавливал все те соотношения, имеющие место при равноускоренном движении, которые были приведены выше. Во второй, третьей и четвёртой темах VII главы применение этих методов будет разобрано на конкретных примерах.

До последнего времени, когда хотят основы механики изложить возможно нагляднее, без применения высшей математики или даже минимального использования алгебры,

прибегают в ряде случаев к геометрическим построениям Галилея*.

Леонардо да Винчи положил начало современному представлению о законах свободного падения тела и заложил основы этой области механики.

Полное открытие законов движения свободно падающих тел безусловно принадлежит Галилею.

Совершенно естественно, что следующим шагом в деле изучения движения тел под действием силы тяжести было изучение движения по наклонной плоскости. Если Леонардо да Винчи, который в этой области является первым, интересовался наклонной плоскостью главным образом как простейшей машиной, где можно за счёт скорости получить выигрыш в силе, то Галилей интересовался законами движения тел по наклонной плоскости под действием силы тяжести как средством повышения точности экспериментального изучения законов свободного падения.

Можно предполагать, что вопросами движения маятника Галилей занимался раньше, чем движением тел по наклонной плоскости, но в "Беседах" рассмотрение второго вопроса, для логичности изложения, предшествует рассмотрению теории маятника.

В этом разделе Галилей подробно рассматривает вопросы о зависимости конечной скорости движения от высоты наклона, о сохранении равноускоренности при движении тела по наклонной плоскости под действием силы тяжести, о времени движения в зависимости от наклона и ряд других вопросов, связанных с движением по наклонной плоскости.

Для характеристики того, какое место в механике Галилея занимали вопросы движения тел по наклонной плоскости, достаточно сказать, что из двадцати двух теорем, приведённых в "Дне третьем" "Бесед", двадцать посвящены этому вопросу и только две - вопросам свободного падения.

* (См., например, Н. Фадеев, *Экспериментальная механика*, изд 13, ГОНТИ. 1931.)

Сам Галилей говорил, что вопросом движения по наклонной плоскости он заинтересовался потому, что видел в нём возможность получения равноускоренного движения, значительно замедленного по сравнению со свободным падением. Тем самым он надеялся повысить точность экспериментальной проверки утверждения Аристотеля, что скорость падения тела зависит от его тяжести.

Он говорил: *"Чтобы иметь дело с движением по возможности медленным, при котором уменьшается сопротивление среды, изменяющее явление, обусловливаемое простой силой тяжести, я придумал заставлять тело двигаться по наклонной плоскости, поставленной под небольшим углом к горизонту; при таком движении совершенно так же, как при свободном отвесном движении, должна обнаружиться разница, происходящая от веса"*.

Если следовать за биографами Галилея, то поиски путей повышения точности измерения скорости падения тел разной тяжести Галилей начал путём изучения движения маятника ещё сравнительно в раннем возрасте.

В самом деле, если рассматривать движение маятника как последовательный ряд падений и подъёмов тела по дуге окружности, то при независимости характера изменения скорости движения тела от его тяжести, маятники одинаковой длины должны качаться одинаково, вне зависимости от величины подвешенных грузов. Таким образом, имелась возможность очень наглядно проверить справедливость утверждений Аристотеля о влиянии веса тел на скорость их падения. Галилей провёл подобные опыты. Результаты своих исследований он описывал следующим образом: *"Для этого я взял, в конце концов, два шара - один из свинца, другой - из пробки, причём первый был в сто раз тяжелее второго, и прикрепил и подвесил их на двух одинаковых тонких нитях длиной в четыре или пять локтей; когда, затем, я выводил тот и другой шарик из отвесного положения и отпускал их одновременно, то они начинали двигаться по дуге круга одного и того же радиуса ... после того как шарики производили сто качаний туда и обратно, становилось ясным, что тяжёлый движется столь согласованно с лёгким, что не только после ста, но после тысячи качаний не образуется ни малейшей разницы во времени"*.

Может быть, потому, что маятник служил Галилею лишь для экспериментальных целей, он не развил до конца его теорию*.

Так же, как в вопросах исследования свободного падения тел и в вопросах сложения и разложения сил, Галилей повторно открыл то, что уже сделал до него Леонардо да Винчи, а затем существенно развил этот вопрос. Леонардо показал, что силу в ряде случаев удобно представлять в виде двух составляющих. Это он продемонстрировал при анализе движения тел по наклонной плоскости, где силу тяжести он разложил на силу, направленную по движению тела, и на силу, придавливающую тело к наклонной плоскости.

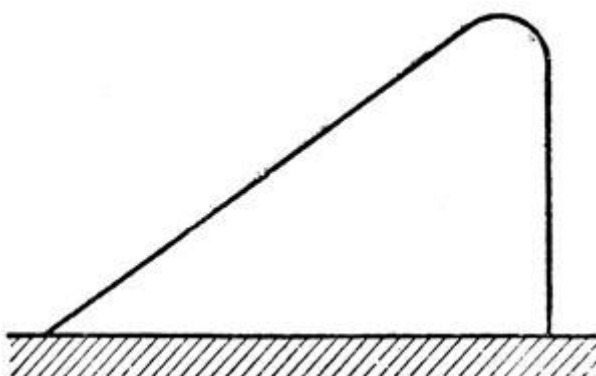


Рис. 1

Леонардо правильно выбрал направление этих сил, но не указал, как количественно определить их величину. Галилей в своих рассуждениях о параболическом движении брошенного тела показал, что он имеет представление о сложении сил хотя бы для случая, когда они перпендикулярны друг к другу. Трудно установить, в какой степени были известны ему при этом труды его современника Стевина, который много работал над вопросами сложения сил. Стевин занимался этим вопросом как чисто геометрической задачей, а Галилей развил его применительно к параболическому движению тела, брошенного под углом к горизонту.

* (Об этом подробнее рассказано в пятой теме VII главы.)

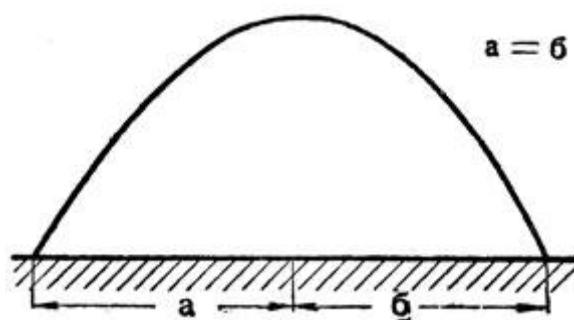


Рис. 2

Вопрос о том, как движется тело, брошенное под углом к горизонту, занимал ещё учёных древности. На основе учения Аристотеля считалось, что тело, брошенное под углом к горизонту, сначала летит прямолинейно, потом описывает дугу круга и далее падает вертикально вниз (см. рис. 1). Подобная кривая считалась правильной, пока Леонардо да Винчи не ввёл в рассуждения понятия, являющиеся прообразом современных представлений об инерции. Правда, сначала он считал, что обе ветви кривой должны быть симметричны (см. рис. 2), но в последующем понял, какова должна быть в действительности траектория тела, брошенного под углом к горизонту, и изображал её так, как это показано на рисунке 3.

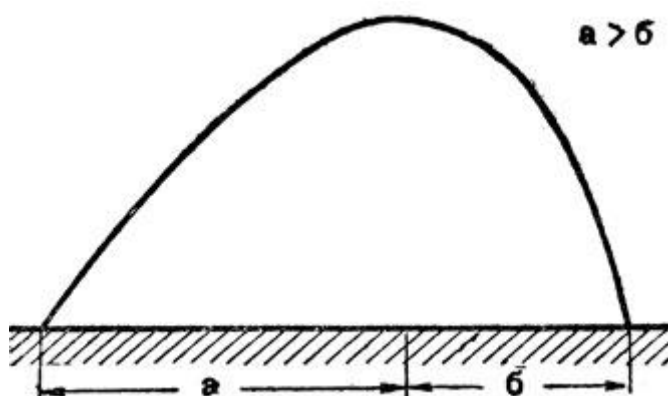


Рис. 3

Итальянский учёный Тарталья, которого некоторые историки называют основоположником баллистики, в своём труде, опубликованном в середине XVI в., углубил представления о характере движения брошенного тела. Он утверждал, что тело летит в этом случае по кривой, кривизна которой непрерывно меняется,

Но в действительности первым, достаточно полно для своего времени, исследовал этот вопрос лишь Галилей. Он доказал, что кривая, по которой летит тело, брошенное под углом к горизонту, является параболой.

Галилей показал также приёмы вычисления этой параболы, исходя из того, что в любой точке на тело действует сумма двух сил^{*}. Он понимал, что полученные им параболические кривые движения в действительности несколько отличны от истинных за счёт трения летящего тела о воздух.

Во всяком случае, Галилей не только опроверг выводы механики Аристотеля, как это сделал в своё время Леонардо да Винчи, но показал также, к какому виду движения приводят новые исходные положения.

Обратимся теперь к одному из важнейших открытий в области механики-открытию так называемого принципа относительности Галилея. Наблюдая механические процессы в движущихся системах (например, на корабле), Галилей установил, что эти процессы протекают совершенно одинаково, покоится ли система или движется равномерно и прямолинейно.

На современном языке этот принцип можно сформулировать так: в системах, движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно, любые одни и те же механические опыты дают одинаковые результаты.

Принцип относительности Галилея. Галилей, например, утверждал, что при равномерном и прямолинейном движении корабля при помощи механических опытов нельзя обнаружить, движется корабль или нет. Если подбросить вверх какой-нибудь предмет или следить за каплей воды, падающей с верхнего сосуда в нижний, то для наблюдателя на корабле все эти процессы будут казаться одинаковыми, вне зависимости от того, имеет ли место прямолинейное и равномерное движение корабля или он находится в покое.

^{*} (Подробнее этот вопрос будет разобран в пятой теме VII главы.)

Этот принцип справедлив лишь при малых, относительно скорости света, скоростях движения. Для скоростей, близких к скорости света, и для сложных электромагнитных процессов он неприменим.

В настоящее время создана теория относительности, покоящаяся на более общих принципах. Однако принцип относительности Галилея для развития механики был очень плодотворным.

4) Астрономические труды Галилея

Астрономия до Коперника, Бруно и Галилея не занималась одними абстрактными философскими рассуждениями о строении вселенной. Прикладные требования, в первую очередь для целей навигации, заставляли для повышения точности расчёта астрономических таблиц ставить заплату за заплатой на рубище старой геоцентрической системы. Эпициклы за эпициклами добавлялись к схеме движения планет, данной Птолемеом. Морские торговые пути всё больше отрывались от береговых ориентиров. Все больше росли требования к точности кораблевождения. Предприимчивым мореходам нужны были не астрологические вымыслы и не схоластические философские схемы, а точные астрономические таблицы.

Была опасность, что любовь Галилея к математике могла толкнуть его на продолжение работ по поискам усложнённых эпициклоидных движений, при помощи которых учёные предшествующих веков пытались согласовать систему Птолемея с реально наблюдаемыми процессами на небе.

Но Галилей был человеком ясной мысли, и его не могли увлечь абстрактные, оторванные от жизни рассуждения или кабинетные математические вычисления.

Отчётливо выраженные взгляды против схоластической механики уже видны в его раннем труде - "Диалог о движении", написанном в период 1589 - 1592 гг. Здесь фигурируют первые доводы в защиту идей Коперника. Но лишь в 1609 - 1610 гг. Галилей сделал первые решающие шаги по обоснованию этих идей.

Он накопил первые наблюдения при помощи сделанной им подзорной трубы и опубликовал их в своём труде "Звёздный вестник".

Иногда историки спорят, направил ли Галилей свою трубу на небо для того, чтобы найти дополнительные доказательства для обоснования учения Коперника, или он начал своё исследование неба для выяснения того, справедливо ли это учение.

Вряд ли это особенно важно. Основное в решении Галилея "повернуть трубу на небо" в том, что ответ на вопрос о строении вселенной он искал не в абстрактных опытах, а в обобщении реально существующих явлений. Галилей умел наблюдать. Это следует из того, что он в первый же год своих наблюдений обнаружил такие явления, после которых учение Коперника с научных позиций уже нельзя было оспаривать.

За 1609 - 1610 гг. Галилей открыл четыре спутника Юпитера и доказал таким образом, что и у Юпитера есть луны и, следовательно, Земля не является чем-то неповторимо уникальным, Это последнее он подтвердил объяснением причины пепельного цвета у затемнённой части Луны, указав, что он появляется за счёт освещения Луны отражённым светом Земли*. Тем самым Галилей доказал, что Земля такая же планета, как другие.

Кроме того, Галилей установил, что Млечный Путь состоит из отдельных звёзд. Этим он показал, что глаз человеческий видит лишь ограниченную часть вселенной. "Звёздный вестник" является важным этапом в работе Галилея над вопросами астрономии. Но основным трудом, в котором подытожено всё, что удалось ему сделать в этой области, является "Диалог о двух главнейших системах мира: птоломеевой и коперниковой".

В этом труде он уже доказывает**, что Земля вращается вокруг Солнца и имеет суточный и годовой циклы. Для доказательства этого Галилей использует не только астрономические наблюдения, но и свои работы по механике.

* (До Галилея это же объяснение было дано Леонардо да Винчи.)

* ("Диалог" построен в виде беседы, где внешне объективно излагаются обе системы, но это лишь маскировка, истинные взгляды автора очевидны.)

Он, в частности, доказывает, что равномерное и прямолинейное движение Земли обнаружить на Земле невозможно. Галилей использует при этом сформулированный им принцип относительности, о котором уже говорилось ранее. Наличием приливов и отливов он доказывает суточное движение Земли.

В результате наблюдений за движением солнечных пятен он утверждает, что Солнце тоже не находится в покое, а вращается вокруг своей оси.

Сделанное Галилеем в области астрономии позволяет говорить о нём, как об одном из тех учёных, имена которых достойны быть названными на первых страницах учебника астрономии, рядом с именем Коперника.

5) Работы в области акустики и оптики

Если считать, что последовательность материала, изложенного в "Беседах", в основном характеризует порядок развития идей Галилея, то можно считать, что его работы в области акустики являлись следствием работ в области механики. В самом деле, в "Беседах" сначала излагается вопрос о возбуждении сильных колебаний тел слабыми усилиями, затем рассматривается вопрос о передаче колебаний на расстояние и отсюда делается переход к оценке кажущейся высоты тона от частоты колебаний.

Попутно Галилей рассматривает вопрос о влиянии на величину собственной частоты колебаний струны её длины, толщины и степени натяжки.

Подробно все эти вопросы будут рассмотрены в девятой теме VII главы, сейчас же остановимся лишь на оценке этих работ с точки зрения определения роли Галилея в развитии акустики.

Вопрос о резонансе разобран Галилеем очень схоже с тем, как это было сделано ранее Леонардо да Винчи. Знал ли Галилей о работах по этому вопросу своего гениального предшественника или не знал и повторил определение этого явления в том виде, как мы принимаем и сейчас*, - это не умаляет значимость работ Галилея по акустике.

В этой области он сделал много первооткрытий. К таким открытиям относятся: установление зависимости между кажущейся высотой тона и частотой звуковых колебаний и, в частности, численное определение таких музыкальных терминов, как октава и квинта, установление закономерностей между частотой звучания струны и основными её характеристиками, разработка методов измерения частоты колебаний и установление численных соотношений для таких чисто физиологических факторов, как консонанс и диссонанс.

Все эти вопросы, разработанные впервые Галилеем, создали новую отрасль физики - учение о звуковых колебаниях.

Вопрос о частоте колебаний струны им исследован чисто эмпирически. Математический анализ этого вопроса, ставший одним из интересных разделов математической физики, был далеко впереди. Галилей также ещё чётко не формулирует положения, что струна, кроме основного колебания, имеет и другие гармонические тона**, но сам факт поиска и нахождения указанных выше закономерностей показывает весьма глубокое проникновение в сущность процессов, имеющих место при колебании струны.

Очень интересные открытия сделаны Галилеем в процессе поисков методики измерения частот звуковых колебаний. Он заметил, что опилки, которые получались при скоблении железным долотом пластинки из меди, в том случае, когда долото издавало чистый звук, ложились правильными рядами,

* (В изложении Галилея так же, как и ранее у Леонардо да Винчи, указывается на рост интенсивности возбуждений в области, где частота внешних колебаний близка к частоте собственных колебаний тела.)

** (У Галилея есть указание, которое можно толковать как высказывание о возможности возбуждения на кратких частотах, но это сделано туманно, и потому такое утверждение было бы спорно.)

причём расстояния между ними определялись высотой тона. Он нашёл также, что если возбуждать тело, стоящее в воде, звуковыми колебаниями, то вокруг него образуются волны, причём расстояние между ними опять-таки определяется высотой тона. Чем выше тон, тем меньше это расстояние. Галилей ещё не представлял себе структуру звуковой волны и не знал понятия "длина волны" и поэтому расстояние между волнами в воде или между рядами опилок считал лишь мерой высоты тона. Но по тому времени это было очень смелым выводом, а сама попытка измерения чего-то невидимого была революционным шагом.

Ещё более интересным было открытие Галилеем явления, которое в настоящее время носит название "биений". Он указал возможность применения метода биений как для сравнения двух звуковых тонов, так и для определения длины маятника по эталонному маятнику, длина которого точно известна.

Если первый метод измерения высоты тона звуковых колебаний, как он сам говорит в "Беседах"* , он открыл случайно, то метод биений им был открыт в результате анализа колебательных процессов маятника. Это характеризует, насколько глубоко Галилей вник в существо колебательных процессов.

Если в области акустики Галилей сделал ряд крупных открытий, намного обогативших эту отрасль науки, весьма бедную до Галилея, то изучением оптических явлений он занимался очень мало. В своих трудах он повторяет известные уже представления об оптических зеркалах. Стоит остановиться лишь на попытке Галилея разработать метод определения скорости распространения световых колебаний. Сам метод весьма примитивен и не имеет практического смысла, но то, что Галилей допускал конечность этой скорости, было очень прогрессивно для его времени.

* (Галилей устами одного из собеседников в "Беседах" говорит: "Изобретение это было делом случая, мне надо было только подметить и оценить должным образом попутное явление, имевшее место в довольно несовершенной обстановке".)

6) Работы в области сопротивления материалов

Даже при наличии ошибок в трактовке отдельных положений учения о сопротивлении материалов Галилей настолько глубоко и своеобразно подошёл к этому вопросу, что после него учение о сопротивлении материалов стало отраслью науки, с установленной методикой и достаточным исходным материалом.

В области сопротивления материалов он начал с того, что попытался взглянуть во внутримолекулярный мир материи.

Но если при исследовании неба он был вооружён подзорной трубой, то для проникновения в микромир в его распоряжении не было ничего, кроме им же созданных умозрительных схем.

Для характеристики методов, которые использовал Галилей при трактовке вопросов сопротивления материалов, приведём некоторые из его основных положений в этой области:

а) Прочность материалов определяется тем, что за счёт расщепления мельчайших волокон при разрушении материала между ними должны образоваться безвоздушные области, а материя не любит пустоты и всячески препятствует этому расщеплению.

Трудно было требовать от Галилея понимания действительной природы межмолекулярных сил. Уже одно то, что он не побоялся искать в межмолекулярных силах решения вопроса, было смелым шагом. Он, очевидно, чувствовал слабость своих положений, потому что тщательно обходил напрашивающийся вопрос, почему у разных материалов эти силы сцепления различны.

б) При изгибании тела имеет место растяжение всех волокон, и прочность тела определяется стремлением тела сохранить длину волокон и их сцепление. Используя понятие о моментах сил, Галилей рассчитывает, какое усилие образуется в месте закрепления груза А В (см. рис. 4), где это усилие является наибольшим.

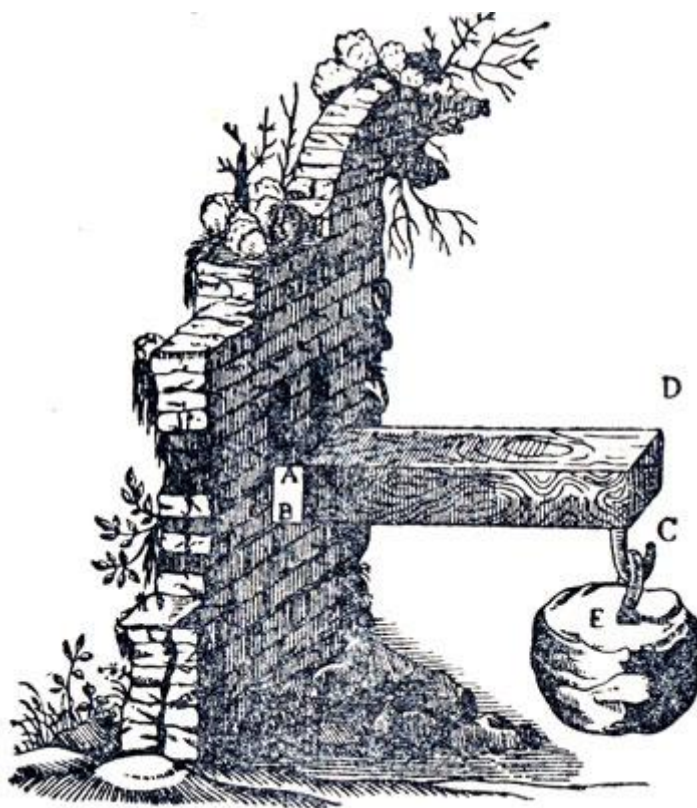


Рис. 4

Задача расчёта усилия в закреплённой одним концом балке, созданного грузом, подвешенным на другом её конце, у Галилея решена принципиально правильно. Совершенно неправильно, однако, положение, что при изгибе тела все волокна растягиваются, причём даже одинаково. Как установлено современной наукой, растягиваются лишь слои верхней половины, причём имеет место уменьшение этих растяжений от верха сечения к середине. Слои нижней половины не растягиваются, а сжимаются*.

в) Прочность тела изгибу больше, когда оно поставлено на ребро, чем в том случае, когда оно расположено плашмя (см. рис. 5). Это правильное утверждение фактически противоречит представлению Галилея о том, что растягиваются все волокна, поэтому он, обходя этот вопрос, использует для объяснения причин такого положения величины моментов сил, образующихся в плоскости закрепления тела.

* (Подробнее этот вопрос будет разобран в седьмой теме VII главы.)

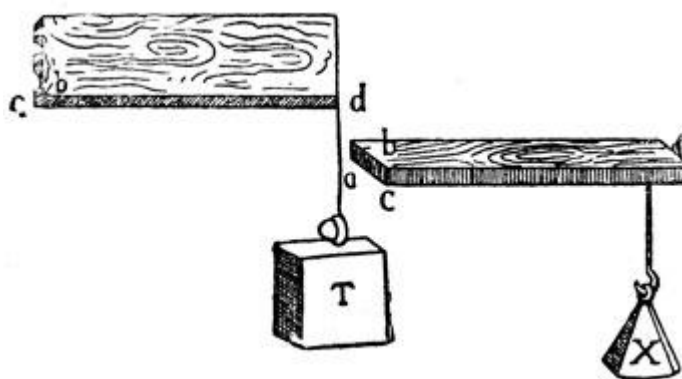


Рис. 5

г) Для каждого тела при сгибании или растяжении существует предельная длина, при которой тело не сможет выдержать собственного веса. Эта длина зависит от сечения тела. Галилей даёт соотношение между длиной и сечением для подобных случаев.

д) Полый внутри цилиндр прочнее, чем сплошной цилиндр одной и той же площади поперечного сечения (или веса, как говорит Галилей). Это положение предвосхитило решение проблемы проектирования таких конструкций, которые бы обеспечивали требуемую прочность при минимальном весе этих конструкций.

При рассмотрении даже этих основных положений становится очевидным, какой большой вклад в учение о сопротивлении материалов внёс Галилей.

7) Работы в других областях физики

Галилей не был столь разносторонен в своих научных интересах, как многие другие учёные предшествующего ему времени. Он много и плодотворно работал в области механики и астрономии.

Выше были изложены другие области, кроме этих двух, где в большей или меньшей степени его ум пылливо искал разгадки явлений природы. Чтобы завершить перечень основных вопросов, над которыми работал Галилей, надо рассмотреть ещё его работы по определению удельного веса воздуха, вычислению центров тяжести тел и исследованию сил трения.

Галилей отчётливо понимал, что воздух - такое же "тяжёлое" тело, как и любое другое, и этим категорически выступил против схоластического деления тел на абсолютно лёгкие и абсолютно тяжёлые, как это делал Аристотель. Он понимал, что закон Архимеда о выталкивающей силе, действующей на тело, погружённое в жидкость, применим и к воздуху. Он разработал остроумный метод сравнительного определения удельного веса воздуха и этим покончил с попыткой наделить воздух какими-то особыми свойствами.

Вопросами вычисления центров тяжести тел Галилей занимался главным образом в падуанский период своей жизни. Это один из немногих случаев, когда до нас дошли данные о хронологии научной деятельности Галилея. В продолжение работы Леонардо да Винчи он находит центр тяжести отрезков пирамиды и конуса параболического коноида и некоторых фигур сложного сечения, являющихся телами вращения. Он использует для этого геометрические методы, деля тела на конечное число отрезков.

Несколько в особом положении находятся работы Галилея над вопросами трения. Механика Галилея в области свободного падения тел, пути движения тел, брошенных под углом к горизонту, теория маятника, изложенная в третьем и четвёртом днях "Бесед", вся построена для идеализированных условий, не учитывающих влияние трения. Однако это не значит, что он не понимал влияния трения на происходящие процессы. В шестой теме (см. стр. 80) будут приведены данные, которые покажут, что он глубоко осознал это влияние и внёс в трактовку этих вопросов много нового. Выделение этих вопросов является со стороны Галилея чисто методическим приёмом, позволяющим ему более ясно и последовательно изложить вопросы динамики движения.

Галилей, например, понимал, что тяжёлые и лёгкие тела падают в воздухе несколько по-разному не потому, что верны абстрактные взгляды Аристотеля, а потому, что здесь имеют место разные силы трения.

Галилей говорит: "Причина различной скорости падения тел различного веса не заключается в самом их весе, а обуславливается внешними причинами - главным образом сопротивлением среды, так что если бы устранить последнее, то все тела падали бы с одинаковой скоростью.

Сопоставляя процесс падения тел в воздухе и в жидких средах, в частности в воде, Галилей показывает, как влияет вязкость этих сред на величину трения.

Галилей лишь догадывается, что трение растёт при увеличении давления между трущимися поверхностями. Он не доходит здесь до понятия о коэффициенте трения.

Он понимал, что колебания маятника из-за трения о воздух будут постепенно затухать.

В своих рассуждениях, которые изложены в "Беседах" от имени одного из собеседников, он показывает, что понимает влияние состояния поверхности тел на величину трения. Он понимает также, что трение качения меньше, чем трение скольжения.

В заключение следует остановиться на работах Галилея по магнетизму. В этой области он на первый взгляд лишь талантливый ученик его современника Гильберта. Однако, если внимательнее прочитать написанное Галилеем по этому вопросу, становится очевидным, что и здесь ему не изменила способность видеть основное, новое.

Основоположником в области изучения магнетизма был английский учёный Гильберт, живший в период 1540 - 1603 гг. т. е. в период, совпадающий со временем жизни Галилея. Основной труд Гильберта по магнетизму вышел в 1600 г. Галилей знал эту книгу и часто упоминал в своём труде "Диалоги" имя Гильберта. С рядом положений он соглашался, некоторые оспаривал. Во всяком случае, исследования Галилея по магнетизму находились под большим влиянием работ Гильберта.

Однако есть ряд моментов в трудах Галилея и в этой области, где он нашёл свои оригинальные пути. В первую очередь это относится к вопросу о повышении подъёмной силы магнита. Галилей много работал над созданием такой формы оправы для магнита, которая бы позволила максимально увеличить подъёмную силу. Говоря современным языком, он искал наиболее рациональные конструкции, которые обеспечивали бы оптимальные условия для магнитного поля.

Правильным подбором конструкции оправы естественного магнита и рациональным расположением его полюсов Галилей

достигает для своего времени очень больших успехов. Его магниты поднимают тела, веса которых почти в 26 раз превышают величину веса самого магнита.

Галилей поддерживает гипотезу Гильберта, говоря: "Может быть, сама Земля, - поскольку речь идёт о ее внутренней и первичной субстанции, - есть не что иное, как огромной массы магнит".

Но там, где Галилей пытается применить основные сведения по магнетизму для астрономических выводов, он остаётся в плену существовавших тогда заблуждений.

Например, Галилей допускает, что Земля, возможно, вращается вокруг своей оси потому, что она является мощным магнитом, а магниту, по утверждениям ряда учёных того времени, в свободном состоянии свойственно круговое движение.

Галилею был чужд формальный метод старой школы. Он принадлежал к основоположникам новой науки, которые пытливно искали новые пути, проверяя свои открытия опытным путём. Было слишком заманчиво использовать и этот довод для доказательства того, что Земля вращается вокруг своей оси.

№ п/п	Когда написан	Год опубли- кования	Наименова- ние труда	Замечания
1	2	3	4	5
1	1582— 1585 гг.	1891— 1909 гг.	«Маленькие весы»	Первая работа Галилея, где описаны изобретённые им гидростатические весы.
2	1589— 1592 гг.	1854 г.	«Диалог о движении»	Изложены ранние взгляды Галилея по механике. В них ещё много противоречий, но уже отчётливо изложены не- которые положения, которые в более поздние годы легли в основу механики Галилея. В работе изложены также до- воды в защиту идей Копер- ника. При всей своей проти- воречивости и наличии оши- бочных положений эта рабо- та находится в резком про- тиворечии с предыдущими за- писями его лекций. Опубликована эта работа впервые лишь в 1854 г., при- мерно через 250 лет после того, как она была написана.
3	1590— 1592 гг.	1656 г.	«О сфере и космогра- фии»	Запись лекций, читанных Галилеем в Пизанском уни- верситете. Содержание их це- ликом базируется на аристо- телевских положениях и вы- нужденно находится в про- тиворечии с истинными взгля- дами Галилея, уже подвер- женными влиянию идей Ко- перника. Опубликованы частично вскоре после смерти Галилея.
4	1609— 1610 гг.	1610 г.	«Звёздный вестник»	Описание результатов астрономических наблюдений с подзорной трубой. В этом труде изложено открытие спутников Юпитера. В нём изложены также результаты наблюдения поверхности Лу- ны, а также указано, что ряд участков Млечного Пути при наблюдении в подзорную тру- бу распадается на отдельные звёзды. Сам Галилей указы- вал, что этот труд носит пред- варительный характер. Одна

Перечень основных научных трудов Галилея

Как видно, эта книга посвящена обобщению всего, что сделал Галилей в области механики.

Структура книги отличается от предыдущей также и тем, что в ней нет сплошного диалога. Ряд положений и теорем вставлены в виде фрагментов, и лишь изредка вводится в конце их изложения видимость беседы.

Рассмотрение приведённого выше перечня основных научных трудов Галилея позволяет сделать ряд дополнительных замечаний и выводов.

При жизни Галилея были опубликованы пять его трудов, Из них главнейшими являются "Беседы" и "Диалог о двух главнейших системах мира".

Эти труды много раз переиздавались. Так, например, "Беседы" издавались в 1655 - 1656 гг. в Болонье, в 1718 г. - во Флоренции, в 1744 г. - в Падуе, в 1808- 1811 гг. - в Милане, в 1842 - 1856 гг. - снова во Флоренции. Эти издания пополнялись по сравнению с первым за счёт учёта личных замечаний Галилея на экземпляр книги первого издания и за счёт включения в них отдельных разделов его работ, связанных с содержанием "Бесед".

Второе издание "Диалога" появилось ещё при жизни Галилея в 1635 г. в Голландии; книга была напечатана на латинском языке.

Очень многое, однако, из научного наследства Галилея было в его письмах и в оставшихся неопубликованными научных материалах. Его ученики и друзья многое сделали, чтобы спасти это наследство от иезуитов, стремившихся уничтожить следы деятельности Галилея.

Но только в 1887 г., на основе материалов, сохранившихся к тому времени, в Италии было начато издание полного собрания сочинений трудов Галилея.

Библиография основных произведений на русском языке

1. Г. Галилей, Сочинения, т. I Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению, ГТТИ, М.- Л., 1934.
2. Г. Галилей, Диалог о двух главнейших системах мира Птоломеевой и Коперниковой, ГТТИ, М.- Л., 1948.
3. Г. Галилей, Рассуждения о телах, пребывающих в воде, и тех, которые в ней движутся. В сборнике "Начала гидростатики", М.- Л., 1933.
4. Сборник, посвященный 300-летней годовщине со дня смерти Галилео Галилея, изд. Академии наук СССР, М.- Л., 1943.
5. Г. Галилей., Указатель литературы, Гос. библиотечное изд-во Наркомпроса РСФСР 1940.
6. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Герои и мученики науки, изд. "Молодая гвардия", М. 1945.
7. М. Я. Выгодский, Галилей и инквизиция, ГТТИ, М.- Л., 1934.
8. С. Вавилов, Галилей. Статьи в БСЭ, изд 2, т. 10.
9. Н. Маракеев, Галилей, его жизнь и учёные труды, изд. 5, М., 1907.
10. З. Цейтлин, Галилей. Серия "Жизнь замечательных людей", М., 1935.
11. Г. Гурев, Коперниковская ересь в прошлом и настоящем, изд. 3, ГАИЗ, М., 1937.
12. О. Пергамент, Галилео Галилей, его жизнь и научная деятельность, изд. Гросман и Кнебель, М., 1897.
13. Смолин, Галилей. Поэма, "Искусство", М., 1939.
14. А. Родин, Коперник, Бруно, Галилей. "День борцов за науку", в клубе молодёжи, изд. 2, Госиздат, М.- Л., 1925.
15. Архимед, Галилей, Стевин, Паскаль, Начала гидростатики, изд. 2, ГТТИ, М.- Л., 1933.

Оглавление

О книге.....	1
Предисловие	3
Время, в которое жил Галилей.....	6
Жизнь Галилея.....	10
1) Первые годы.....	10
2) Начало научной деятельности.....	11
3) Падуанский период в жизни Галилея	14
4) Первые астрономические наблюдения Галилея.....	15
5) Переезд во Флоренцию	17
6) Флорентийский период.....	18
7) Гонения церкви.....	21
8) Узник инквизиции	22
Научная деятельность Галилея	23
1) Объём и характер работ	23
2) Предшественники Галилея	25
3) Работы Галилея в области механики	28
4) Астрономические труды Галилея	38
5) Работы в области акустики и оптики	40
6) Работы в области сопротивления материалов	43
7) Работы в других областях физики	45
Библиография основных произведений на русском языке.....	51
Галилео Галилей (элементы физики)	Ошибка! Закладка не определена.

Источник:

Анцелиович Е.С. 'Галилео Галилей (элементы физики)' -
Москва: УЧПЕДГИЗ, 1955