

ИСТОРИЧЕСКАЯ ЭПИСТЕМОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

В.Г. Горохов

Баллистика Никколо Тарталья, технонаука Галилея и нанотехнонаука: аристотелевская физика сквозь века*

Горохов Виталий Георгиевич – доктор философских наук, заведующий сектором междисциплинарных проблем научно-технического развития. Институт философии РАН. 119991, Российская Федерация, Москва, ул. Волхонка 14, стр. 5; профессор НИЯУ МИФИ и философского факультета МГУ им. М.В. Ломоносова; e-mail: vitally.gorokhov@mail.ru

Галилей создал новую науку, ориентированную на технические нужды. Он сделал решающий шаг в ревизии аристотелевской физики. Но сама аристотелевская категориальная сетка осталась не только в Галилеевой технонауке, но и в современной нанотехнонауке. Интересно, что эта же концептуальная сетка была положена другим итальянским математиком (расчетчиком) Никколо Тарталья (1499/1500–1577) в основу, по сути дела, новой технической теории, которая таким образом предшествовала технонауке Галилея вопреки и распространенному мнению, и естественнонаучной теории. Галилей построил нечто большее, чем модель экспериментальной деятельности. Он продемонстрировал, как развить научное знание так, чтобы оно могло быть использовано в технических целях. В своей «новой науке» он действует как современный инженер, манипулируя природными объектами. Однако новый стиль научно-технического и инженерно-научного мышления проявляется у него скорее в теоретической, чем в практической области. Работы Галилея открыли путь развитию инженерного мышления и деятельности как в теории, так и на практике. Вот почему его наука во многом явилась провозвестником современного образа как естественных, так и технических дисциплин, действительно представляя собой «технонауку», подобную современной нанотехнонауке.

* Статья подготовлена в рамках проекта РФНФ «От технонауки Галилея до нанотехнонауки (философско-методологический анализ)» № 13-03-00190.

Ключевые слова: баллистика, техническая наука, технонаука, естествознание, Тарталья, Галилей

Баллистика Никколо Тарталья, технонаука Галилея и нанотехнонаука: аристотелевская физика сквозь века

В современной науке происходят лавинообразные изменения, свидетелями которых становятся представители одного поколения. Даже фундаментальные исследования в естествознании становятся все более проблемно и проектно ориентированными на решение конкретных научно-технических задач, что делает их весьма сходными с технической наукой и находит свое выражение в обозначении этого нового этапа развития науки – технонауки. «Термин “технонаука” наиболее часто используется для обозначения таких современных дисциплин, как информационные и коммуникационные технологии, нанотехнологии, искусственный интеллект или также биотехнологии»¹. В связи с этими процессами сращивания науки и техники, например в нанотехнологии, возникает и целый ряд новых эпистемологических проблем, настоятельно требующих своего специального рассмотрения. Одной из таких проблем становится проблема новых форм организации научно-теоретического знания в технонауке. Однако новое – это хорошо забытое старое, поэтому для прояснения феномена современной технонауки следует обратиться к истории науки, поскольку именно Галилей был не только творцом нового экспериментального математизированного естествознания, но и предвестником технической науки, а его новая наука была как раз именно технонаукой, одновременно ориентированной и на познание природы и на создание новых технических устройств. В технонауке, с одной стороны, как в классическом естествознании, на основе математических представлений и экспериментальных данных строятся объяснительные схемы природных явлений и формулируются предсказания хода определенного типа естественных процессов, а с другой стороны, как в технических науках, конструируются не только проекты

¹ *Belt H van den*. Philosophy of biotechnology // Philosophy of Technology and Engineering Sciences: 9 (Handbook of the Philosophy of Science). Amsterdam, 2009. P. 1311.

новых экспериментальных ситуаций, но и структурные схемы новых, неизвестных в природе и технике систем. Важно, однако, не только сделать открытие и изобретение, не только закрепить приоритет и запатентовать, но в первую очередь сделать их достоянием общества через образование соответствующих хозяйственных структур, в особенности, когда достоянием рынка становятся не только готовые продукты, но и знание, ноу-хау. Но, как ни странно, именно этим занимался и Галилей, стоя у истоков современного естествознания и научной техники.

Галилей сделал решающий шаг в ревизии аристотелевской физики. Но сама аристотелевская категориальная сетка осталась не только в Галилеевой технонауке, но и в современной нанотехнонауке. Интересно, что эта же концептуальная сетка была положена другим итальянским математиком (расчетчиком) Никколо Тартальей (1499/1500–1577) в основу по сути новой технической теории, которая таким образом предшествовала технонауке Галилея вопреки распространенному мнению и естественнонаучной теории. Причем у Тартальи речь идет именно о построении технической теории, а не просто аккумуляции данных инженерной практики. Строго говоря, он не был практиком в области пороховой артиллерии, а исходил из общих теоретических положений для решения поставленной инженерами-практиками и бомбардирами задачи – как рассчитать угол наклона орудия для получения наибольшей дальности полета снаряда.

Никколо Тарталья – теоретик «новой науки» – баллистики, основанной на концептуальных схемах физики Аристотеля

Вроде бы Тарталья стремится решать техническую задачу, но для ее решения прибегает к физике Аристотеля и геометрии Евклида. «Я никогда не имел дело с артиллерией, – пишет Тарталья, – тем не менее *с помощью природных и геометрических аргументов*» я доказал свою правоту. «Я нашел новый метод измерения за короткое время, легко понятный каждому, дистанции»².

² Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The *Nova scientia* of Nicolò Tartaglia. A New Edition. Matteo Valleriani. English translation by *Valleriani M., Di-varci L., Siebold A. B.*, 2013. P. 5.

Эти аргументы были очень важны для эффективного ведения военных действий, т. к. метод не требовал слишком сложной научной подготовки рядовых бомбардиров, и вычисления могли быть осуществлены быстро. Кроме того, пишет он далее, «для решения этой задачи необходим инструмент, изготовленный из твердого дерева или металла – квадрант, используемый астрономами». То есть речь шла о приборе, как мы сказали бы сейчас, «двойного назначения». Прибор, созданный в лоне фундаментальных исследований для понимания устройства природы, использовался с некоторой модификацией для практических целей. Квадрант не был плодом изобретения Тарталья. Этот математический инструмент принадлежит к категории измерительных инструментов, чье возникновение относится к весьма отдаленному времени в истории. Как утверждает сам Тарталья, это был инструмент, который уже долгое время использовался, например, в астрономии для измерения возвышения звезд над линией горизонта. И хотя, как отмечает сам Тарталья, он не был экспертом в военной области, после некоторых вычислений он установил, что такое действие обеспечивает угол наклона в 45° по отношению к горизонту. Инженеры-практики, впрочем, не вполне доверяли теоретическим аргументам. Они действовали на основе практически накопленного опыта, считая, что максимальный наклон орудия обеспечивает и максимальную дальность выстрела. Поэтому были проведены эксперименты, которые доказали правоту Тарталья. Чтобы повысить эффективность артиллерии, требовалось постоянно совершенствовать не только сами орудия, но и способы расчета траектории движения снарядов, чтобы увеличить точность попадания в цель. Этой главной цели и должна была служить новая наука Тарталья.

Особый интерес представляет способ и принципы построения новой, по сути, технической теории, поскольку она в известном смысле стала образцом для последующих технических и естественнонаучных теоретических построений, в том числе и у Галилея. Тарталья исходит из концептуальных схем «Физики» Аристотеля (глава 1), затем переходит к построениям с помощью геометрии Евклида (глава 2) и заканчивает обращением к инженерной практике (глава 3). Сам он следующим образом характеризует новую науку: «...часть этой науки выведена из геометрии

и часть из естественной философии; часть ее выводов продемонстрирована геометрически, а часть – проверена физически, т. е. через природу»³.

Первая *техническая литература*, которая появляется в эпоху Возрождения, включает в себя прежде всего различные *энциклопедии технических знаний*. Иной тип технической литературы, претендовавший на развитие «*технической теории*», основывался не столько на обобщении технической практики или описании технических рецептов, сколько на предписании ей определенных эпистемологических идеалов. Именно к такому типу технической литературы относится книга Тарталья. Обращение к физическим представлениям аристотелевской физики становится необходимым для теоретического описания практики баллистики, поскольку без этого описание может быть рациональным, но не может быть научным. В своей первой книге Тарталья дает определения понятиям, которые необходимы во второй его книге, чтобы как можно более точно описать траекторию движения снаряда. Он, конечно, модифицирует некоторые понятия физики Аристотеля под потребности баллистики, но основные ориентиры задает именно ее концептуальный аппарат. Геометрия Евклида для Тарталья – это не столько математический аппарат, сколько физическая онтология, в которой разворачивается физический процесс движения снаряда (см. рис. 1). Именно так характеризует евклидову геометрию как физическую теорию значительно позже известный немецкий математик Давид Гильберт. Математический же аппарат – это алгебраический и арифметический расчет траектории движения снаряда. Но геометрия Евклида для Тарталья – одновременно и образец аксиоматического построения теории баллистики. Он пытается достичь наиболее возможной абстракции, дистанцируясь по возможности от практических проблем, возникающих перед артиллерийскими инженерами и бомбардирами, чтобы построить точную науку, основанную на модели евклидовой геометрии. Но в этом своем стремлении он не

³ Various Questions and Inventions of Niccolo Tartaglia of Brecia. Venetia, 1546. English translation by *Drake S.* // *Mechanics in Sixteenth-Century Italy: Selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo, and Galileo.* Drake S., Drabkin I.E. (eds). Madison, Wisc., 1969. P. 98–143. (The Eith Book on Science of Weights. First Question). Речь, правда, в данном случае идет не о баллистике, а о науке о весе, но методология здесь та же самая.

всегда добивается полного успеха и поэтому часто опирается на так называемые им «естественные аргументы» (т. е. выводы, сделанные на основе наблюдения и опыта), которые, по его же собственному свидетельству, недопустимы на чисто геометрическом уровне. Однако именно такая гибридная природа вводимых им понятий и делаемых им утверждений становится основой будущей технической и естественнонаучной теории. Это позволяет переходить от одного описания к другому и оперировать природными объектами, с одной стороны, технически как искусственными образованиями, а с другой – как математическими схемами.

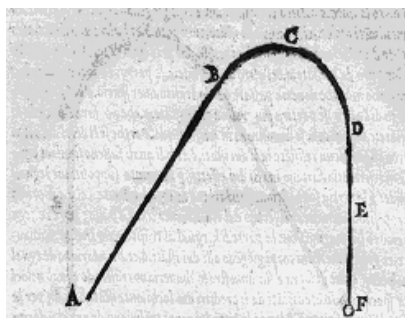


Рис. 1. Юстировка орудия: позиция орудия под углом 45° , устанавливаемая с помощью квадранта бомбардиров (рисунок слева). Рисунок справа – представление траектории полета снаряда у Тартальи. Эта траектория состоит из двух прямолинейных сегментов. Первый из них представляет насильственное движение выпущенного из орудия снаряда, а второй – естественное движение вниз, в соответствии с доктриной Аристотеля о естественном движении тяжелых физических тел к центру Земли. Соединяет их сегмент криволинейного движения⁴.

Об этом прекрасно написано в предисловии к публикации книги Тартальи «Новая наука» на английском языке Маттео Валлериани: «Квадрант является эпистемологическим инструментом, который инициирует процесс теоретической абстракции, завершающийся формулировкой вопросов для бомбардиров. Благодаря

⁴ Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The *Nova scientia* of Nicolò Tartaglia. A New Edition. P. 71, 17.

этому инструменту бомбардир способен описать свою деятельность понятным образом тем, кто не знаком с его работой, а кто владеет необходимыми математическими познаниями в области евклидовой геометрии или же физическими знаниями аристотелевской динамики. Квадрант, таким образом, представляет собой не только связующее звено между теорией и практикой в период, следующий за публикацией книги Тартальи “Новая наука”, но и средством, с помощью которого возможен переход от простого опыта к рождению нового теоретического предмета⁵.

Таким образом, философская концепция Аристотеля, по сути специфицированная учеными и инженерами эпохи Возрождения, положила начало, с одной стороны, теоретическому осмыслению инженерного опыта, а с другой – развитию экспериментального и математизированного естествознания и основанной на науке техники – технической науки⁶.

Технонаука Галилея и физика Аристотеля

История науки, как и всеобщая история, обрастает несметным количеством мифов, за которыми часто трудно увидеть истину. Впрочем, что такое историческая истина, или историческая правда, если все зависит от интерпретации исторических фактов? Одной из жертв бесчисленных интерпретаций, безусловно, является «согбенная фигура Галилея», восклицавшего в борьбе за научную истину: «Авторитетов недостаточно – нужен опыт!» Смело отбросив аристотелевское учение, как гласит широко распространенный среди философов миф, он пропагандирует опытное знание «чистой науки» в поисках истины. Но именно такая упрощенная схема рассуждения вводит нас в заблуждение.

⁵ Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The *Nova scientia* of Nicolò Tartaglia. A New Edition. P. 43, 44.

⁶ Концептуальный аппарат физики Аристотеля используется ренессансными инженерами повсеместно, хотя и подвергается ими существенной модификации в зависимости от типов решаемых ими технических задач (см.: *Renn J., Damerow P.* The Equilibrium Controversy. Guidobaldo del Monte's Critical Notes on the Mechanics of Jordanus and Benedetti and their Historical and Conceptual Background. Sources 2, Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge. B., 2012. P. 193–201).

Подчеркивая роль Галилея в «коперниканской революции», С. Тулмин отмечает, что точно так же, как и в случае с Коперником, в популярных изданиях рисуют зачастую неверную историко-научную картину. В области развития механики, например, утверждается, что между Аристотелем и Галилеем было время стагнации в науке, связанное с тем, что монахи и философы не покидали сферы формальной логики из любви к схоластической казуистике. Галилей же с помощью введенного им «экспериментального метода» все время разоблачал ложные выводы и ошибки средневековых ученых. Последние историко-научные исследования показывают, однако, что это дает искаженное представление о действительной истории. В течение многих столетий, разделяющих Аристотеля и Галилея, механика как наука о движении материальных тел и действующих на них сил демонстрирует все новые и новые успехи. Да и труд всей жизни Галилея нужно понимать, собственно говоря, лишь как вершину этой средневековой традиции. Именно из этой традиции выросли и обсуждаемые им вопросы, и сама методика ведения им доказательств, даже используемые им термины происходят из средневековых источников. Таким образом, без воспринятых Галилеем средневековых научных традиций (например, геометризации понятий аристотелевской физики средневековым ученым Николаем Орезмом) он вообще не смог бы сделать своих открытий⁷. Обратимся к историческим свидетельствам и фактам.

П. Фейерабенд, опровергавший в своей книге «Против методологического принуждения. Очерк анархистской теории познания» многие историко-научные мифы и призывавший перепроверять исторические свидетельства, тем не менее, сам абсолютно неверно утверждает, что «Галилей не был знаком с оптическими теориями своего времени» и что именно свобода от стандартов научного мышления его времени позволили Галилею создать новое направление научного поиска⁸. Галилей, напротив, не только был знаком с этими теориями, но и преподавал геодезию, геометрию, перспективу и т. п. дисциплины. М. Валериани особо отмечает, что с тогдашними наиболее известными теориями сферических зеркал

⁷ См.: *Toulmin S., Goodfield J. Modelle des Kosmos.* München, 1970.

⁸ *Фейерабенд П. Против методологического принуждения. Очерк анархистской теории познания // Фейерабенд П. Избр. тр. по методологии науки.* М., 1986. С. 255.

Джованни Батиста де ла Порта и географа, картографа, математика и астронома Джовани Антонио Маджини, с которыми он, правда, был не согласен и которые он критикует, Галилей был хорошо знаком. Как подчеркивает Валериани: «Галилей не был изготовителем зеркал, но он мог настолько хорошо оценивать продукт ремесленников и способ их обработки, что стал экспертом по оценке качества зеркал у Великого герцога»⁹. Именно такую деятельность осуществлял Галилей при дворе Великого герцога Тосканского. Он не только изготовил телескоп для наблюдения за небесными телами, но и предложил свою конструкцию телескопа и бинокля для военно-инженерных измерений различных дистанций. Все это сделало его наиболее известным экспертом в области оптики и оценки качества линз (которые изготавливались особым образом и из специальных кристаллов) для оптических инструментов.

Галилей наряду с учебой в Падуанском университете прошел все стадии тогдашнего инженерного образования, а позже и сам организовал обучение военных инженеров, составлявших тогда инженерную элиту. Изобретенный им и изготовленный в его мастерской военный компас для различных точных измерений в артиллерии и фортификации служил также пособием для обучения военных инженеров, составлявших элиту тогдашнего инженерного корпуса, практической математике. В это время становится нормой для успешной военной карьеры брать частные уроки по фортификации, военной архитектуре, геодезии, механике, теории перспективы и пользованию военным компасом. Одной из главных особенностей уроков, даваемых Галилеем, было длительное и детальное объяснение того, как правильно использовать «математические инструменты» (измерительные приборы).

Практика конструирования, создания и использования «математических инструментов» и машин требует создания новой науки – кодификации технических знаний и развития технической теории. Так, наряду с мастерами-инженерами появились ученые-инженеры. Но Галилей идет дальше многих. Он создает новую эпистемологическую модель генерирования естественнонаучных знаний. Наряду с инженерной деятельностью он развивает основы естественнонаучной теории. Технические знания, например, в области артиллерии становятся основой новой науки о движении, формулировки общего

⁹ *Valleriani M. Galileo Engineer. Dordrecht ect., 2010. P. 64.*

закона свободного падения тел. В отличие от схоластической точки зрения, согласно которой законы природы и законы механики принадлежат различным реальностям, и мнения многих тогдашних инженеров-практиков, что механические искусства выше природы и помогают человеку господствовать над ней (например, изменять русла рек), Галилей считает, что законы природы и законы механики принадлежат одной и той же области. С этой позиции он критикует инженеров-практиков, стремящихся строить машины, противные природе, противоречащие законам природы, «невозможные по самой своей природе», «не учитывающие основы ее устройства».

Таким образом, Галилей интегрирует практические и теоретические знания, рефлектируя новый тип знаний, полученных в инженерной практике, и корректируя существовавшие теоретические представления. Решение этой задачи и является основной заслугой Галилея, гениальность которого состоит в создании объяснительных теоретических схем технической практики, с одной стороны, и в введении теоретического конструирования с помощью технических средств в естествознание (технически подготовленного эксперимента).

Но как пришел Галилей к корректировке моделей и представлений Аристотеля, считавшегося тогда непререкаемым авторитетом, если сначала он взялся за решение проблем судостроения (расчет весла тяжелой галеры), едва ознакомившись с практическими познаниями венецианских кораблестроителей, которые старался привести в теоретическую форму с помощью все тех же аристотелевских «Механических проблем». Даже если эта работа и не была написана самим Аристотелем, она была выдержана в его духе, и концептуальный аппарат аристотелевской физики, модифицируемый под практические технические проблемы, встававшие перед мастерами-инженерами, лег в основу новой Галилеевой науки и был адекватно воспринят практиками и политиками. Галилей был призван в исполнительный совет Венецианского арсенала в качестве ученого-эксперта, вооруженного знанием именно «Механических проблем». Но и модели практических инженеров описывались в тех же аристотелевских терминах¹⁰.

¹⁰ «...в письмах Тартальи формулируется физическая концепция движения, сформированная на основе теоретических положений, которые являются... в своей основе Аристотелевскими» (Metalurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The Nova scientia of Nicolo Tartaglia. A new edition. Ibid. P. 7).

В последнее время принято много рассуждать о новой стадии науки – технотехнике, знаменующей более тесную связь технической и научной деятельности. Но по сути дела главные черты такой технотехники мы обнаруживаем уже в трудах Галилео Галилея: «Наиболее интенсивная работа в области науки о сопротивлении материалов осуществлялась Галилеем во время его пребывания в качестве резидента в Венецианской республике, т.е. между 1592 и 1610 гг.»¹¹. Об этом пишет и сам Галилей в своих «Беседах и математических доказательствах»: «Обширное поле для размышления, думается мне, дает пытливым умам постоянная деятельность вашего знаменитого арсенала, синьоры венецианцы, особенно в области, касающейся механики, потому что всякого рода инструменты и машины постоянно применяются здесь большим числом мастеров, из которых многие путем наблюдений над созданиями предшественников и размышления при изготовлении собственных изделий приобрели большие познания и остроту рассуждения. ...наблюдая за деятельностью тех, которых по причине их превосходства над остальными мастерами мы называем “первыми”;¹² беседы с ними не один раз помогли мне разобраться в причинах явлений не только изумительных, но и казавшихся сперва совершенно невероятными»¹².

Рассуждения Галилея о сопротивлении твердой призмы или цилиндра были направлены не только на построение теоретических схем нового естествознания, т. е. вызваны не только чисто научным интересом, но и, как он сам это формулирует, полезным для многих механических приспособлений, чтобы дать мастерам какие-либо простые и удобные правила. Решение этих задач было важным для перехода от миниатюрной демонстрационной модели машины или сооружения к построению реальной конструкции. И новая наука была способна помочь им. Одновременно критикуя как теоретические построения аристотелевской физики в изложении «Механических и проблем», а с другой стороны – рассуждения практических мастеров, основанные на опыте, Галилей формулирует принципы новой, по сути дела технотехники.

В сущности, перед Галилеем как научным консультантом Венецианского арсенала была поставлена вполне конкретная инженерная задача, а именно: как оптимально сконструировать весло

¹¹ Valleriani M. Op.cit. P. 120.

¹² Галилео Галилей. Избр. тр. Т. 2. М., 1964. С. 117.

для галеры нового типа, т. е. вооруженной тяжелой артиллерией. Эта задача была важной и в социальном плане. Для противоборства с Османской империей требовался новый тип судна, и от его правильной оснащённости зависело выживание Венецианской республики. От решения этой задачи зависела маневренность корабля и его управляемость, а также технический риск поломки весла, которое могло не выдержать нагрузки. Галилей в своих «Беседах и математических доказательствах» поставил вопрос о прочности тел, анализируя сопротивление, оказываемое твердыми телами силе, стремящейся их сломать: «Мы получили уже столько выводов, касающихся вопросов сопротивления твердых тел излому, причем в основание этой науки было положено сопротивление тел разрыву, что можем теперь последовательно подвигаться вперед, открывая все новые и новые соотношения, которых в природе существует бесконечное множество, и давая им доказательства»¹³.

Решая эти задачи, Галилей сначала вслед за аристотелевскими «Механическими проблемами» рассматривает модель весла в виде простого рычага. Однако затем, под влиянием опыта корабелов, он констатирует тот факт, что весло не может быть рассмотрено в виде простого рычага, т. к. в данном случае важно учитывать как движущую силу, так и то, что сопротивление и опора на галере также находятся в движении. Причем вода рассматривается им также как точка опоры рычага и как движущийся водный поток, а не статически, как у Аристотеля. Отсюда следует вывод, что чем глубже лопасть весла находится в воде, тем больше движущей силы гребец сообщает движению корабля. Однако такие абстрактные теоретические рассуждения не удовлетворяли практических инженеров, и Галилей вынужден обратиться к их опыту, чтобы продвинуться дальше в решении поставленной проблемы. А этот опыт диктовал определенные правила и ограничения в конструировании весел. Для решения этой проблемы Галилей развивает новую теоретическую модель закрепленной на одном конце идеальной балки-консоли. Поскольку весло имеет по Галилею две опорных точки – уключину весла и воду – он исследует также балку, лежащую на двух опорах.

В сущности, точно такую же работу по корректировке естественнонаучных законов с учетом практических технических знаний можно наблюдать на протяжении всей последующей истории

¹³ Галилео Галилей. Избр. тр. Т. 2. С. 230.

науки вплоть до современной технoнауки с той лишь разницей, что Галилей был первым, кто ввел этот новый эпистемологический принцип научного рассуждения, ставший основой последующего научно-технического развития.

Кто-нибудь может возразить мне, что если бы сопротивление воды разделению равнялось, как я утверждаю, нулю, то кораблям не требовалось бы столько силы весел и парусов, чтобы передвигаться с места на место даже в спокойном море или в стоячих озерах. Тому, кто сделал бы подобное возражение, я отвечу, что вода противится и противодействует не просто разделению, но быстрому разделению, с тем большею силою, чем больше скорость. Причина такого противодействия заключается вовсе не в плотности или другом свойстве, абсолютно противящемся разделению, но в том, что разделяемые части воды, чтобы дать место телу, которое в ней движется, должны перемещаться отчасти направо, отчасти налево и еще отчасти вниз, и это делается не только с водой впереди корабля или другого тела, плывущего по воде, но и с водой, находящейся позади корабля и следующей за ним, потому что корабль в своем движении вперед, чтобы освободить место, способное вместить его объем, должен носовой частью оттеснить ближайшие части воды направо и налево, передвигая их в этом направлении на пространстве до половины своего корпуса; и такой же обратный путь должны пройти части воды, которые, следуя за кормою, устремляются от наружных частей судна к середине, чтобы последовательно заполнять места, которые корабль освобождает при движении вперед. Теперь, т. к. все движения совершаются во времени и более длинное пространство тело проходит и в более продолжительный срок, т. к., далее, признано за истину, что тело, движущееся с определе́нною силою и проходящее в некоторое время определе́нное пространство, может пройти такое же пространство в более краткий срок лишь при условии приложения большей силы, то понятно, почему более широкие суда движутся медленнее, чем узкие, если движущая сила одинакова, и почему судно требует тем большей силы весел или ветра, чем быстрее оно должно двигаться¹⁴.

Конечно, Галилей сделал решающий шаг в ревизии аристотелевской физики: он ввел математический (точнее, геометрический) язык для описания физических явлений. «Физические термины, такие как “сила” или “масса”, символизируют нечто совершенно отличное от того, что они представляют собой в обыденном языке или в философии». Они – конструируемые, состоящие из первичных свойств, согласных с процедурами измерения и отвлеченных от вторичных

¹⁴ Галилео Галилей. О телах, пребывающих в воде. Галилео Галилей // *Галилео Галилей*. Избр. тр. Т. 2. С. 76–77.

свойств воспринимаемых нами чувствами явлений. Галилей «заменял формальными отношениями материальные предикаты аристотелевской философии – он трансформировал аристотелевское понятие изменения в синтетическое понятие движения»¹⁵. М.А. Розов подчеркивает, что сегодня «мы сталкиваемся с конструкторской деятельностью, инженерной по своей сути во всех областях познания <...> любая теория и даже факты, на которых она базируется, – это продукт конструирования»¹⁶. Но и здесь Галилей был первым и мастерски построил новую методологию научного конструирования; современная наука и техника пользуются ею до сих пор (рис. 2). По этому поводу, например, А. Койре отмечает, что Галилей скорее осуществил важную методологическую, чем научную работу в современном смысле этого слова, поскольку решение астрономических проблем зависело от обоснования новой физики и, прежде всего, от ответа на философский вопрос о роли математики в науке о природе. То, что он создал, – это математическая философия природы, или геометрическая математизация природы.

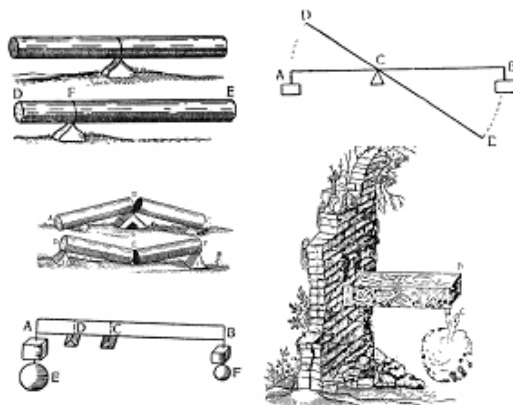


Рис. 2. Модель идеальной балки-консоли, использованная Галилеем для расчета нагрузки на весла галеры¹⁷.

¹⁵ Hartman R.S. The structure of value. Foundation of scientific axiology. Carbondale and Edwardsville, 1967. P. 28, 31.

¹⁶ Розов М.А. Инженерное конструирование в научном познании // Филос. журн. 2008. № 1. С. 67.

¹⁷ Галилео Галилей. Беседы и математические доказательства // Галилео Галилей. Избр. труды. Т. 2. С. 14, 206, 219, 221, 222.

Но и инженерная деятельность становится иной: теперь «искусство инженера не заключается только в том, чтобы знать математическую систему, но найти в конкретных ситуациях отношения, которые соответствуют этим математическим формулам»¹⁸. Для анализа функционирования сложных машин Галилей использует геометрические представления (рис. 3).

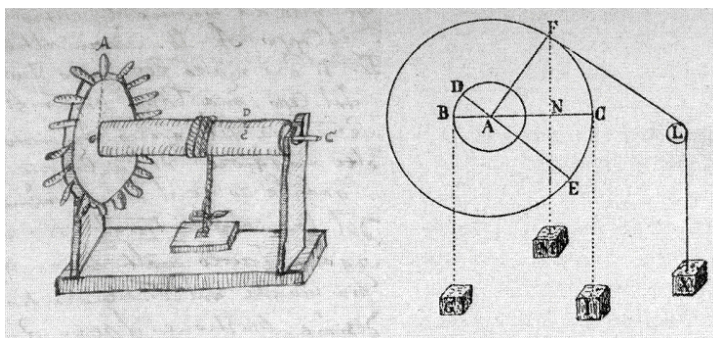


Рис. 3. Слева – практическое описание оси колеса, справа – ее геометрическое представление и объяснение, данное Галилеем¹⁹.

В сущности, эта тенденция сохраняется в технических науках с самого начала их становления и развития, в особенности в теории механизмов и машин, как хорошо видно, например, в работе Роберта Виллиса «Принципы механизмов», опубликованной в 1841 г. (рис. 4), в которой он исследует элементы «чистого механизма» с точки зрения «геометрических принципов»²⁰.

Именно Галилей инвертировал «отношения между формой и материей аристотелевской физики». Он фактически лишил эти категории высокого философского ранга, превратив их из метафизических в физические понятия²¹. Но сама аристотелевская категориальная сетка сохранилась не только в Галилеевой технотехнике, но и в современной нанотехнологии.

¹⁸ Hartman R.S. The structure of value. Foundation of scientific axiology. P. 65.

¹⁹ Valleriani M. Op. cit. P. 101.

²⁰ Willis R. Principles of Mechanism. London, 1870. (Second edition). <http://ia600508.us.archive.org/17/items/principlesofmech00williala/principlesofmech00williala.pdf>, p. xiii, 4.

²¹ Hartman R.S. The structure of value. Foundation of scientific axiology. C. 60.

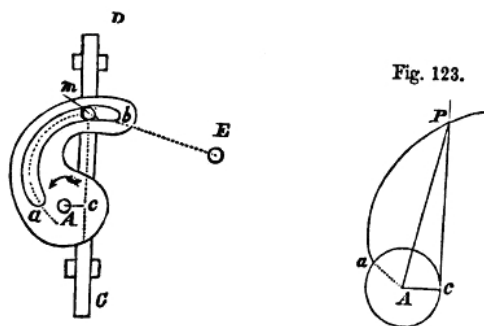


Рис. 4. На рис. 122 показан чертеж механизма, на рис. 123 – его геометрическое представление²².

Материал, место и его наполнение по Аристотелю и в современной нанотехнонауке

По Галилею, к первичным качествам относятся чувственные качества вещей, имеющие корни в объективных свойствах материи (но сами эти корни сводятся к количественным механическим элементам): величина, форма, количество материальных тел (протяжение) и их движение по законам механики. Знание о них дает математика. Вторичными же являются вкусы, запахи, цвета и т. д., имеющие своим источником только наши чувства. Беркли признает все без исключения качества вещей вторичными. Он отверг наличие объективной основы у идеи первичных качеств, для него геометрические и механические характеристики тел также вторичны, полностью и целиком плод субъективной деятельности человека, получают только благодаря контрастности в структуре цветов, звуков и ощущений осязания. Таким образом, излишняя онтологизация качеств предметов привела к абсурдному заключению об их полной субъективности. В теории систем этот парадокс снимается тем, что *первичные* (функциональные, первого порядка) и *вторичные* (второго порядка) свойства элементов различаются лишь относительно их функциональной роли в исследуемой системе. По сути дела мы находим эту интенцию уже

²² Willis R. Principles of Mechanism. P. 153.

у Галилея, поскольку у него между первичными и вторичными качествами устанавливается не столько онтологическое, сколько операциональное соответствие. Именно такой тип рассуждения мы находим и в нанотехнологии – влияя на первичные качества, стало возможным детерминировать появление желаемых вторичных качеств. «Например, цвет, реакционная способность, стабильность и магнитные свойства зависят от размера кластеров. В некоторых случаях *наночастицы демонстрируют новые свойства, отсутствующие у того же материала в объеме, например, магнетизм кластеров, состоящих из немагнитных атомов*. Помимо постановки перед учеными новых задач, связанных с объяснением природы нового поведения, эти результаты имеют огромный потенциал использования на практике, позволяя *выбирать свойства материала путем варьирования размерами частиц*. Очевидно, что наноразмерные материалы могут быть основой *нового класса атомарно сконструированных материалов*». При этом становится совершенно безразличным, приписываем ли мы их субъекту или объекту. Важно, что с помощью построенных в нанонауке теоретических моделей первичных качеств нанотехнология конструирует требуемые для определенных целей вторичные качества «ощущаемых» нами или созданными нами приборами (например, радиолокаторами) вещей, т. е. «физические, химические и электронные свойства наночастиц сильно зависят от количества и типа атомов, составляющих наночастицу»²³.

С функциональной точки зрения безразлично, каким образом материализованы (или из какого материала изготовлены) элементы в той или иной системе, в частности наносистеме. Однако функции обязательно должны быть отнесены к материальным элементам, что в известном смысле детерминирует способ расчленения данной сложной системы. В истории философии это представление наиболее полно было разработано в аристотелевской теории материи (бесструктурной, бесформенной субстанции) и формы, оформляющей материю в конкретную вещь, предмет. Аристотель в «Метафизике» на поставленный им самим же вопрос, что значит делать отдельную вещь из имеющегося в качестве материала субстрата, отвечает: «реализовывать эту форму в другом (т. е. в субстрате)». Например, делать медь круглой – значит реализовывать эту форму в материа-

²³ Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М., 2006. С. 102.

ле: «человек делает медный шар... так, что из этого вот (материала), именно – из меди, он делает вот это – именно шар ...он вносит форму в этот материал» и в результате получается медный шар, т. е. фигура, всюду одинаково отстоящая от центра (1033a12–1034b12). Человек «создает и производит из этой вот основы вещь с таким-то качеством», а «целое – это уже такая-то форма в этих вот костях и мясе (1033b13–1034a10)», т. е. материале²⁴.

Первоначально для Аристотеля материя и форма, таким образом, – это «просто материал и оформление: бронзовая сфера – стандартный пример для Аристотеля – составлена из определенного материала, а именно бронзы и определенного оформления, а именно сферичности. (Конечно, бронза и сферичность не являются в буквальном смысле *частями* бронзовой сферы и единство бронзовой сферы не подобно единству, так сказать, стола, который составлен из крышки и четырех ножек.)» Позже, однако, отношение материи и формы имеет у него зачастую мало общего с соотношением материала и его оформления²⁵.

Для Аристотеля форма, как, впрочем, и материя, заданы до всякой вещи. В «Физике» он продолжает эту тему: «Как относится медь к статуе, дерево к ложу или материя и неоформленное вещество до принятия формы, так и лежащая в основе природа относится к сущности, определенному и существующему предмету» (191a). Человек производит «переоформление» и именно так статуя (отдельная вещь) возникает из меди (материала). Далее Аристотель подробно обсуждает понятие «место»: «Физику необходимо знать и относительно места, существует оно или нет и как существует, и что оно такое» (186a). Эта проблема возникает у Аристотеля в связи с определением главной проблемы в его физике – определения причины движения, понимаемого как механическое перемещение (изменение места). «Что место есть нечто, это ясно из взаимной перестановки вещей: где сейчас находится вода, там после ее выхода, как из сосуда, снова находится воздух, а иногда то же самое место занимает другое тело ...ясно, что было место как нечто (пространство) отличное от них обоих, в которое и из которого они переходили» (208b).

²⁴ Аристотель. Метафизика. М.: Л., 1934.

²⁵ Barnes J. *Metaphysics // The Cambridge Comparison to Aristotle*. Cambridge University Press, 1995. P. 97.

Таким образом, место, по Аристотелю, представляет собой нечто наряду с телами и всякое чувственно воспринимаемое тело находится в месте. Место – это граница в ограничиваемом теле, это граница каждого. Оно не является ни формой, ни материей, «т. к. последние неотделимы от предмета, а для места это возможно (209b)». «По-видимому, место есть нечто вроде сосуда, т. к. сосуд есть переносимое место, сам же он не имеет ничего общего с содержащимся в нем предметом (209b)». Далее он обсуждает вопрос о том, что означает выражение «одно содержится в другом»: во-первых, как палец на руке и вообще часть в целом, во-вторых, как целое в своих частях (не существует целого помимо частей), в-третьих, как род в виде, в-четвертых, как форма в материи, в-пятых, как вообще в цели (а это есть то, “ради чего”) и т. д., а в своем собственном значении – как в сосуде и вообще в каком-либо месте²⁶.

Эта проблема заново формулируется в нанотехнологии, например, при исследовании нанотрубок: «Углеродную нанотрубку можно представить как лист графита, свернутый в цилиндр». Таким образом, однослойная нанотрубка представляет собой, с одной стороны, «квазиодномерную структуру», которая может служить, например, проволокой, а с другой как «место» – «граница в ограничиваемом теле», приобретающее различную структуру в зависимости от способа их изготовления. Хотя механизм их роста до сих пор не ясен, обычно «при синтезе получается смесь нанотрубок разных типов с различным характером и величиной электропроводности», т. е. неоформленное вещество приобретает форму. Они могут служить или полупроводниками, или же проводниками, по которым протекает электрический ток (как вода в сосуде у Аристотеля). В «металлическом состоянии» нанотрубки служат прекрасными проводниками, поскольку их проводимость очень высока и они «могут пропускать миллиард ампер на квадратный сантиметр», поскольку у них мало дефектов, вызывающих рассеяние электронов, и поэтому низкое сопротивление и большая теплопроводность (вдвое выше, чем у алмаза). Большой ток не нагревает трубку так сильно, как, например, медный провод, который расплавляется уже при мил-

²⁶ Аристотель. Физика. М.; Л., 1937.

лионе ампер на квадратный сантиметр²⁷. В данном случае человек использует различный материал (медь или графит) для выполнения одной и той же функции или же, согласно Аристотелю, реализует эту форму в другом субстрате. Человек именно таким образом и создает «из этой вот основы (лист графита) вещь (нанопроволока) с таким-то качеством» (низкое сопротивление и большая теплопроводность), как говорит Аристотель, а «целое» – это уже определенная форма (нанотрубка) в данном материале (графит).

Углеродную нанотрубку можно представить как лист графита, свернутый в цилиндр», который, с одной стороны, имеет «квазиодномерную структуру» и может служить, например, проволокой, а с другой – как «место», «граница в ограничиваемом теле», приобретает различную структуру («кресельную», «зигзагообразную» или «хиральную») в зависимости от способа изготовления (рис. 5).

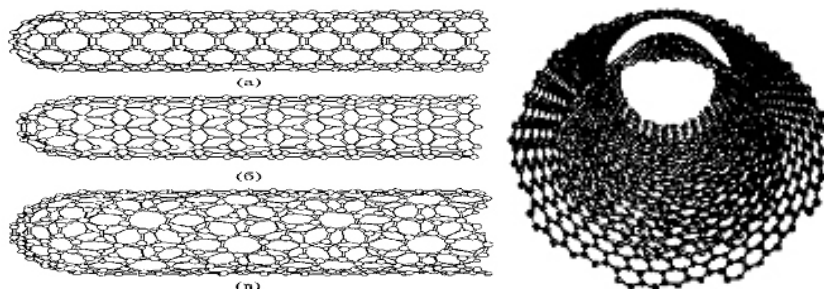


Рис. 5. Примеры некоторых из возможных структур углеродных нанотрубок:

- (а) кресельная структура,
- (б) зигзагообразная структура,
- (в) хиральная структура.

Справа показана схема вложенных нанотрубок, когда одна трубка находится внутри другой²⁸.

Нанотрубки могут служить или полупроводниками, или же проводниками, по которым протекает электрический ток (как вода в сосуде у Аристотеля) (рис. 6).

²⁷ Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф. Указ. соч. С. 112–117.

²⁸ Там же. С. 121.

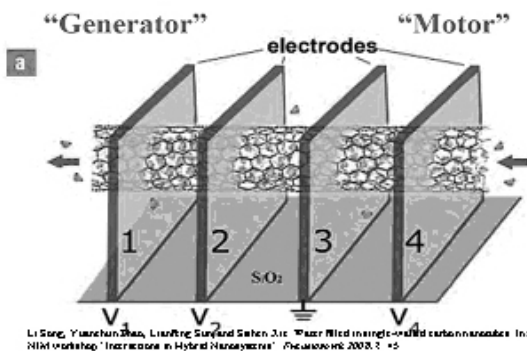


Рис. 6. Нанотрубка, через которую протекает жидкость²⁹.

В то же самое время нанотрубки могут сами служить субстратом или наполнением для выполнения определенных функций (функциональных элементов), например, для создания транзисторов, являющихся переключателями элементами. При этом функциональные свойства элементов являются свойствами первого порядка, поскольку позволяют включаться в систему для выполнения общей цели, стоящей перед ней и всеми ее элементами: как маленькое время переключения и высокая тактовая частота у полупроводниковых углеродных нанотрубок, что «в 1000 раз быстрее существующих процессоров»³⁰. Свойства же второго порядка – это те нежелательные свойства, которые привносит с собой элемент в систему (как, например, низкая теплопроводность у медного провода). Совокупность свойств первого порядка, рассмотренных обособленно от свойств второго порядка, и называется в теории систем функциональным местом элемента. Функциональные места могут быть погружены на определенный материал (по-разному наполнены), в результате чего отношения между ними заменяются реальными связями (металлическими нанотрубками в качестве проводников), а сами они превращаются в элементы (переключающие элементы, составленные из полупроводниковых нанотрубок).

²⁹ Li Song, Yuanchun Zhao, Lianfeng Sun, and Sishen Xie. Water filled in single-walled carbon nanotubes // NIM workshop "Interactions in Hybrid Nanosystems". 1st – 4th May 2008, Abbey Frauenwörth, Chiemsee (Germany). Book of Abstracts. P. 45.

³⁰ Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф. Указ. соч. С. 121.

Таким образом, нанотрубки в различных системах выполняют разные функции – они многофункциональны. Углеродные нанотрубки очень прочны («модуль Юнга углеродной нанотрубки почти в десять раз больше, чем у стали») и упруги при изгибе («гнется как соломинка, но не ломается и может распрямиться без повреждений»), они «примерно в 20 раз прочнее стали»). Поэтому они «должны оказаться очень хорошим материалом для упрочнения композитов. ... Теоретические оценки показывают, что при оптимальной доле трубок в материале около 10 объемных процентов его прочность на разрыв должна увеличиться в шесть раз». Поскольку нанотрубки плохо пропускают электромагнитные волны, то их можно применить для экранирования, например, электронных устройств с целью защиты от оружия, генерирующего электромагнитные импульсы, могущие вывести из строя компьютерные системы управления стратегического назначения. «Другим возможным использованием нанотрубок является хранение в них водорода, что может быть использовано при конструировании топливных элементов как источников электрической энергии в будущих автомобилях» (рис. 7)³¹.

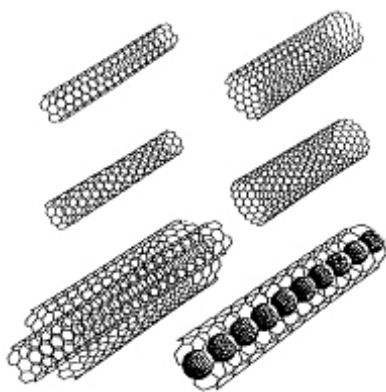


Рис. 7. Примеры структур, составленных из углеродных нанотрубок: многослойных или заполненных атомами металлов³².

³¹ Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф. Указ. соч. С. 118–120, 125, 121.

³² Cox D.M. High Surface Area Materials. In: Nanostructure Science and Technology. A Worldwide Study. R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials, and Nanodevices. Final Report / Ed. by R.W. Siegel, E. Hu, M.C. Roco. Prepared under the guidance of the Interagency Working Group on NanoScience,

В нанотехнологии нанотрубки, с одной стороны, являются простейшими единицами более сложных наноструктур («при синтезе получается смесь нанотрубок разных типов с различным характером и величиной электропроводности»), с другой – «нанотрубки могут иметь различную атомную структуру, причем трубки разной структуры имеют разные свойства», например, с точки зрения электропроводности в зависимости от их структуры «они могут быть металлическими или полупроводящими»³³.

* * *

Как утверждает немецкий философ Х. Ленк, «кратко и точно можно, вероятно, сказать: мы представляем себе тот мир реальным, который мы подчиняем себе как реальный; “мир реален”, но каждое схватывание его или его частей или сущностей в нем является всегда выраженным с точки зрения перспектив, т. е. является “интерпретативным”, схематизированным, “теоретически пропитанным”...»³⁴. В нанотехнологии именно синтез наноструктуры позволяет понять и объяснить ее функционирование в природе и совсем в духе Канта: «Где рассудок ничего раньше не связал, ему нечего и разлагать». Именно сконструированные априори модели нанотехнологического действия позволяют найти соответствующие им «операции природы»³⁵. Таким образом, для теоретических схем, как считает Х. Ленк, характерна конструктивная или «созерцательно конструируемая» интеграционная стратегия, обеспечивающая новый подход к природе. Именно такой подход характерен для современной технауки. По сути дела нанонаука имеет дело с вещами в себе, находящимися «за» явлениями или на поверхности явлений, давая совершенно иное представление о действительности, чем повседневная реальность. В нанонауке сплошь и рядом описывается эмпирический объект (например,

Engineering and Technology (IWGN), National Science and Technology Council (NSTC). WTEC, Loyola College in Maryland, September 1999. P. 61. <http://www.ruf.rice.edu/~neal/temp/ST%20Policy/index/NSTC%20Reports/nano.pdf>

³³ Ibid. P. 113–115, 92–93.

³⁴ Lenk H. Erfassung der Wirklichkeit. Eine interpretationsrealistische Erkenntnistheorie. Würzburg, 2000.

³⁵ Кант И. Соч. на нем. и рус. яз. Т. 2. М., 2006. С. 201.

данные, представленные с помощью спектрального анализа, просвечивания образцов лазерным лучом или измерения разности потенциалов между сканируемой поверхностью образца и иглой сканирующего устройства и т. п.) на основе его априорного схематического пространственно-временного представления. Сами же эти исходные измерительные данные часто вообще не дают никакого представления о схематизме открывающегося исследователю лишь на основе косвенных данных объекта («вещи в себе»). Затем с помощью той же априорной схемы, частично скорректированной на базе ряда альтернативных экспериментально-измерительных процедур, строится проектная деятельность и, если она является успешной, т. е. позволяющей получить новые материалы или новые заранее заданные (а часто лишь предполагаемые и иногда даже неожиданные) их свойства, то данная теоретическая схема рассматривается как репрезентант существующей лишь в воображении «вещи в себе» и объект оперирования. Нанонаука, акцентируя внимание на поверхности исследуемых объектов, которую мы в первую очередь и воспринимаем нашими органами чувств, фактически изучает пограничную сферу между кантовскими «вещами в себе» и «вещами для нас». Нанотехнология в свою очередь направлена на целенаправленное изменение поверхностного слоя предметов с помощью внедрения в тонкие структуры вещества на границе макро- и микрообъектов. Именно этот аспект исследования и взгляд на мир ускользал ранее от внимания ученых.

Компьютерные программы позволяют приспособить абстрактные данные к нашим привычным зрительным восприятиям. «Они синтезируют концептуальное и чувственно воспринимаемое, собственно говоря, берут на себя функцию, которую Кант приписал схематизмам». Первое, что должно быть сделано, – придать данным измерения форму ортогональной проекции (т. е. задать представление в прямоугольных координатах), «таким образом представить, каковыми атомные группы теоретически предполагаются быть. Они также очищают изображение от шумов, т. е. артефактов измерительного процесса. Программа даже может представить все в цвете. Хотя на атомарном уровне нет никаких цветов, большинство наноизображений являются, тем не менее, цветными. С помощью преобразований Фурье можно убрать из изображения шумы и помехи, которые мешают отобра-

жаемой на картинке “иллюзии реальности”. Именно программа придает данным вид поверхности или глубинной структуры»³⁶. Таким образом, с помощью компьютерной графики в области нанотехнологии мы достигаем того же, что и Галилей с помощью евклидовой геометрии в его технонауке – вычленим в объектах наблюдения и измерения математические структуры. Галилей не просто «работает по образцам технического конструирования»³⁷, но и строит новый «геометро-кинематический объект»³⁸ – абстрактный объект физической теории. Новая наука Галилея может по праву называться технонаукой, хотя этот термин сегодня относится к нано- и биотехнологиям, но именно Галилеева наука содержала в себе ее зародыш, от которого отпочковались как естественные, так и в последствии технические науки³⁹.

Список литературы

- Аристотель*. Метафизика. М.; Л.: Госсоцэкгиз, 1934. 348 с.
- Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.). М.: Наука, 1976. 147 с.
- Галилео Галилей*. Избр. тр. Т. 2. М.: Наука, 1964. 572 с.
- Горохов В.Г.* Технические науки: история и теория (история науки с философской точки зрения). М.: Логос, 2012. 512 с.
- Кант И.* Соч. на нем. и рус. яз. Т. 2. М.: Наука, 2006. 936 с.
- Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф.* Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2006. 336 с.
- Розов М.А.* Инженерное конструирование в научном познании // Филос. журн. 2008. № 1. С. 54–67.
- Фейерабенд П.* Против методологического принуждения. Очерк анархистской теории познания // *Фейерабенд П.* Избр. тр. по методологии науки. М.: Прогресс, 1986. 542 с.
- Barnes J.* *Metaphysics* // *The Cambridge Companion to Aristotle*. Cambridge University Press, 1995. P. 66–108.
-
- ³⁶ *Soentgen J.* Atome Sehen, Atome Hören // *Nanotechnologien im Kontext. Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektive*. В., 2006.
- ³⁷ *Розов М.А.* Теория социальных эстафет и проблемы эпистемологии. Смоленск, 2006. С. 390.
- ³⁸ *Ахутин А.В.* История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.). М., 1976.
- ³⁹ Подробнее см.: *Горохов В.Г.* Технические науки: история и теория (история науки с философской точки зрения). М., 2012.

Belt H. van den. Philosophy of biotechnology // Philosophy of Technology and Engineering Sciences (Handbook of the Philosophy of Science). Vol. 9. Amsterdam: Elsevier, 2009. P. 1301–1340.

Cox Donald M. High Surface Area Materials // Nanostructure Science and Technology. A Worldwide Study. R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials, and Nanodevices. Final Report / Ed. by R.W. Siegel, E. Hu, M.C. Roco. Prepared under the guidance of the Interagency Working Group on NanoScience, Engineering and Technology (IWGN), National Science and Technology Council (NSTC). WTEC, Loyola College in Maryland, September 1999. P. 49–66.

Hartman R.S. The structure of value. Foundation of scientific axiology. Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois University Press, 1967. 384 p.

Lenk H. Erfassung der Wirklichkeit. Eine interpretationsrealistische Erkenntnistheorie. Würzburg: Königshausen & Neumann, 2000. 173 S.

Valleriani M. Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The *Nova scientia* of Nicolò Tartaglia. A New Edition. English translation by Matteo Valleriani, Lindy Divarci and Anna Siebold. Berlin: Edition Open Access, 2013. [Electronic resource] URL: <http://edition-open-access.de/sources/6/index.html>

Renn J., Damerow P. The Equilibrium Controversy. Guidobaldo del Monte's Critical Notes on the Mechanics of Jordanus and Benedetti and their Historical and Conceptual Background. Sources 2, Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge. Berlin: Edition Open Access, 2012. [Electronic resource] URL: <http://www.edition-open-access.de/sources/2/index.html>

Soentgen J. Atome Sehen, Atome Hören // Nanotechnologien im Kontext. Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektive. Berlin: Akademische Verlagsgesellschaft. Aka GmbH, 2006. S. 125–140.

Song L., Yuanchun Zh., Lianfeng S., Sishen X. Water filled in single-walled carbon nanotubes // NIM workshop “Interactions in Hybrid Nanosystems”. Frauenwörth, 2008. P. 45.

Tartaglia N. Various Questions and Inventions of Niccolo Tartaglia of Brescia. Venetia, 1546. English translation by *Stillman Drake* // Mechanics in Sixteenth-Century Italy: Selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo, and Galileo. Drake S. and Drabkin I.E. (eds). Madison, Wisc.: University of Wisconsin Press (The Eighth Book on Science of Weights. First Question), 1969. P. 98–143.

Toulmen S., Goodfield J. Modelle des Kosmos. München: Wilhelm Goldmann Verlag, 1970. 282 S.

Valleriani M. Galileo Engineer. Dordrecht ect., 2010. 320 p.

Willis R. Principles of Mechanism. L.: Longmans, Green, and Co., and Co., 1870. 463 p.

Ballistic of Niccolo Tartaglia, Galilean technoscience and Nano-technoscience: physics of Aristotle through the Centuries

Vitaliy Gorokhov

DSc in Philosophy, Head of the Department of Interdisciplinary Problems in the Advancement of Science and Technology, Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences. Volkhonka Str. 14/5, Moscow 119992, Russian Federation; professor of National Research Nuclear University MEPhI, professor of the Department of Philosophy of the Lomonosov Moscow State University; e-mail: vitaliy.gorokhov@mail.ru

Galileo Galilei was one of those who created this new science oriented to technical needs. He made the important step in the revision of the Aristotelian physics. But the Aristotelian conceptual structure remains not only in the Galilean technoscience, but also in the nanotechnoscience. The same conceptual structure was the basis of the ballistic as new engineering theory of Niccolo Tartaglia (1499/1500-1577). Galileo created more than a model of experimental activity; he demonstrated how to develop scientific knowledge so that it could be used for technical purposes. This approach became possible because Galileo's new science had its roots in technical practice and was oriented to it. In his new science, Galileo manipulated natural objects like the present-day engineer. However, Galileo's new style of scientific-engineering and engineering-scientific thought and action manifested itself mainly in the sphere of thought rather than in practical activity. Galileo's works paved the way for the formation of engineering thinking and activity in practice as well as theory. That is why his science was not only the embryo of the natural sciences but also engineering science and was really technoscience similar to modern technoscience (e.g. nanotechnoscience). This article is prepared for the project „From Galileo's technoscience to the nanotechnoscience (philosophical and methodological analysis)“ Nr. 13-03-00190 of the Russian Foundation for Humanities.

Keywords: ballistic, engineering science, technoscience, natural science, Tartaglia, Galileo

References

Akhutin, A.V. *Istoriya printsipov fizicheskogo eksperimenta (ot antichnosti do XVII veka)* [The history of the physical experiment principles (from the antiquity till 17th century)]. Moscow: Nauka Publ., 1976. 147 pp. (In Russ.)

Aristotle. *Metafizika* [Metaphysics]. Moscow-Leningrad: Gos. Sotsial'no-ekonomicheskoe izd-vo Publ., 1934. 348 pp. (In Russ.)

Barnes, J. “Metaphysics”, *The Cambridge Companion to Aristotle*. Cambridge University Press, 1995, pp. 66–108.

Belt, H. van den. “Philosophy of biotechnology”, *Philosophy of Technology and Engineering Sciences (Handbook of the Philosophy of Science)*, vol. 9. Amsterdam: Elsevier, 2009, pp. 1301–1340.

Cox, D.M. “High Surface Area Material”, *Nanostructure Science and Technology. A Worldwide Study. R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials, and Nanodevices. Final Report*, ed. by R.W. Siegel, E. Hu and M.C. Roco. Prepared under the guidance of the Interagency Working Group on NanoScience, Engineering and Technology (IWGN), National Science and Technology Council (NSTC). WTEC, Loyola College in Maryland, September 1999, pp. 49–66.

Feyerabend, P. “Protiv metodologicheskogo prinuzhdeniya. Ocherk anarkhistskoi teorii poznaniya” [Against Method. Outline of an anarchistic theory of knowledge], in: P. Feyerabend, *Izbrannye trudy po metodologii nauki* [Selected Works on the Methodology of Science]. Moscow: Progress Publ., 1986. 542 pp. (In Russ.)

Galileo Galilei. *Izbrannye trudy* [Selected Works], vol. 2. Moscow: Nauka Publ., 1964. 572 pp. (In Russ.)

Gorokhov, V.G. *Tekhnicheskie nauki: istoriya i teoriya (istoriya nauki s filosofskoi tochki zreniya)* [Technical sciences: history and theory (history of science from the philosophical point of view)]. Moscow: Logos Publ., 2012. 512 pp. (In Russ.)

Hartman, R.S. *The structure of value. Foundation of scientific axiology*. Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois University Press, 1967. 384 pp.

Kant, I. *Sochineniya na nemetskom i russkom yazykakh* [Works in German and Russian Language], vol. 2. Moscow: Nauka Publ., 2006, 936 pp. (In Russ.)

Lenk, H. *Erfassung der Wirklichkeit. Eine interpretationsrealistische Erkenntnistheorie*. Würzburg: Königshausen & Neumann, 2000. 173 S.

Pool, Jr., Ch.P., Owens, F.J. *Nanotekhnologii* [Nanotechnologies]. Moscow: Tekhnosfera Publ., 2006. 336 pp. (In Russ.)

Renn J., Damerow, P. *The Equilibrium Controversy. Guidobaldo del Monte’s Critical Notes on the Mechanics of Jordanus and Benedetti and their Historical and Conceptual Background*. Sources 2, Max Planck Research Library for the History and Development of Knowledge. Berlin: Edition Open Access, 2012 [<http://www.edition-open-access.de/sources/2/index.html>, accessed on 02.03.2015].

Rozov, M.A. “Inzhenernoe konstruirovaniye v nauchnom poznanii” [Engineering Design in Scientific Knowledge], *Filosofskii zhurnal*, 2008, no 1, pp. 54–67. (In Russ.)

Soentgen, J. “Atome Sehen, Atome Hören”, *Nanotechnologien im Kontext. Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektive*. Berlin: Akademische Verlagsgesellschaft, Aka GmbH, 2006, S. 125–140.

Song, L., Yuanchun, Zh., Lianfeng, S. and Sishen, X. “Water filled in single-walled carbon nanotubes”, *NIM workshop “Interactions in Hybrid Nano-systems”*. Frauenwörth, 2008, p. 45.

Tartaglia, N. “Various Questions and Inventions of Niccolo Tartaglia of Brescia. Venetia, 1546”, trans. by S. Drake, *Mechanics in Sixteenth-Century Italy: Selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo, and Galileo*, ed. by S. Drake and I.E. Drabkin. Madison. Wisc.: University of Wisconsin Press, 1969, pp. 98–143.

Toulmen, S., Goodfield, J. *Modelle des Kosmos*. München: Wilhelm Goldmann Verlag, 1970. 282 S.

Valleriani, M. *Galileo Engineer*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010. 320 pp.

Valleriani, M. *Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The Nova scientia of Nicolò Tartaglia. A New Edition*, trans. by M. Valleriani, L. Divarci and A. Siebold. Berlin: Edition Open Access, 2013 [<http://edition-open-access.de/sources/6/index.html>, accessed on 02.03.2015].

Willis R. *Principles of Mechanism*. London: Longmans, Green, and Co., 1870. 463 pp.