

ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

К 450-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЯ

"Галилей обладал в изумительной степени даром того, что... теперь называют "внедрением" научной истины"*

Р.Н. Щербаков

Дошедшая до нас из глубин времён фигура выдающегося учёного и просветителя Галилео Галилея, сохранный и освещённый для всех совестливых и мыслящих усилиями почитателей его творчества, напоминает нам не только о его заслугах в обосновании теории Коперника и формировании основ механики и физики, не только о его уникальной способности убеждать противников в настоятельной необходимости усвоения новой науки и мышления, но и той его гражданской смелости в защите своих открытий и убеждений, которая жизненно необходима каждому в противостоянии с устаревшими идеями и представлениями.

PACS numbers: 01.60. + q, 01.65. + g

DOI: 10.3367/UFNr.0184.201402c.0153

Содержание

1. Введение (153).
 2. От схоластики — к новому мышлению (154)
 3. Познание гармонии природы опытом и расчётом (154).
 4. Свидетель непреложной истины перед лицом света (156).
 5. Публичная защита новой науки и мышления (157).
 6. Создание новой науки о предмете чрезвычайно старом (158).
 7. Итоги жизни итальянского гения (158).
 8. Заключение: послание Галилея потомкам (159).
- Список литературы (160).

1. Введение

Гениальный итальянский учёный, просветитель и пропагандист новой науки и научного мышления Галилео Галилей внёс немалый вклад в её становление, популяризацию и защиту её от схоластики своей эпохи. Для становления физической науки научные открытия Галилея явились тем важнейшим началом её возникновения, теми её корнями, на которых расцвела классическая механика и физика.

Своими талантами и способностями Галилей с одинаковой силой привлекает к себе поклонников гуманитарной и естественнонаучной культур. В его творчестве и поведении каждый человек находит то сокровенное, что приближает нас к идеалам интеллекта и гуманизма. Вот почему по сей день не иссякает интерес к его личности, порождая в мире сотни тысяч исследований, книг и статей о его творчестве.



Галилео Галилей
(15.02.1564 – 8.01.1642)

* Высказывание С.И. Вавилова из его статьи "Галилей в истории оптики" [1, с. 584].

Р.Н. Щербаков.

Пярнуское шоссе, д. 125а-29, 11314 Таллинн, Эстония
Тел. (372) 674-86-80. E-mail: robertsch961@rambler.ru

Статья поступила 25 сентября 2013 г.,
после доработки 8 января 2014 г.

Для сообщества физиков особую ценность имеют те работы по истории науки, в которых даётся анализ главных моментов творчества Галилея как ведущими физиками, например, С.И. Вавиловым [1], А.Н. Крыловым [2, с. 152–155], В.А. Фоком [3], опубликованные в журнале *УФН* в XX веке, так и историками и философами науки Б.Г. Кузнецовым, А.В. Ахутиным, В.С. Библером, В.С. Кирсановым и многими другими [4–8].

Очевидно, чем крупнее личность учёного, тем ощутимее влияние её на науку, общую культуру, идеологию и миро-

воззрение общества. Особенно если это влияние пришлось на тот момент истории, когда большинство уже не удовлетворяли прежние идеалы и ценности, а новые ещё не приобрели свою жизненную значимость. Как раз с таким моментом была связана и творческая деятельность Галилея.

В ней отчётливо прослеживаются три взаимосвязанных между собой направления: учёный заложил основы экспериментально-математического естествознания, продемонстрировал всему свету убедительный образец внедрения в общество новой науки и мышления и вступил в полемику со святой инквизицией в защиту антиаристотелевской картины мира и научных методов познания.

Первые два события, сыграв свою роль в формировании науки и методов просвещения, заметно повлияли на последующую культуру. Через труды по истории и философии науки, учебники и популярные книги они продолжают служить познанию природы и воспитанию мировоззрения у широких масс. Третье породило среди них ту волну страстей, отголоски которых ощущаются и в наши непростые дни.

Оценивая роль Галилея в науке XVII в., С.И. Вавилов посчитал нужным заметить: "Галилей обладал в изумительной степени даром того, что... теперь называют "внедрением" научной истины" [2, с. 584]. Вклад Галилея в науку значителен, не менее важна для общества его просветительская деятельность — велика её значимость в формировании научной культуры — и особенно потребность понять всё и вся.

Ибо знания приходят и уходят, но потребность и умение передавать их будущим и действующим учёным, философам и, разумеется, широким массам вечны. Пока такая потребность существует и пока есть кому реализовать её, а само общество нуждается в науке, его научная культура будет жить и развиваться. Поэтому воспитание Галилеев с их энтузиазмом, талантом и энергией жизненно важно.

2. От схоластики — к новому мышлению

Галилей родился 15 февраля 1564 г. в г. Пиза в семье композитора и теоретика музыки, обеспечившего сына гуманитарным образованием. Однако началом творчества Галилея были не музыка и живопись, а техника Флоренции с её возможностью покорять природу. Интерес к ней привёл его в мир механики и прикладной математики, в которой царили критерии целесообразности, простоты и изящества.

Но по воле отца Галилей с 1581 г. был вынужден изучать медицину в Пизанском университете. Там он знакомится с философией Платона и Аристотеля, математикой Евклида и механикой Архимеда (позднее Галилей назовёт его своим учителем). Занимаясь механикой, он начинает при этом осознавать, что решение её проблем возможно лишь на основе не абстрактных принципов, но реальных опытов.

По воспоминаниям его ученика В. Вивiani, оказавшись однажды в Пизанском соборе, Галилей "со свойственной ему любознательностью и смекалкой" наблюдал за колебаниями люстры, используя при этом биения своего пульса и ритмы музыки. В ходе наблюдений он делает осторожный вывод (1583 г.) о подтверждении ранее выдвинутой им гипотезы об изохронности колебаний маятника [9, т. II, с. 443].

Увлечение механикой побуждает Галилея оставить медицину и незадолго до окончания университета покинуть его. Вернувшись во Флоренцию, он основательно займётся математикой, с успехом решит проблему гидростатического равновесия и весов (1586 г.), напишет работы о центре тяжести тел и на другие темы. Тогда же он придёт к необходимости пересмотра толкования движения Аристотелем.

В будущем, в 1611 г., Галилей о своём великом и уважаемом им предшественнике напишет: "...Я часто расхожусь с Аристотелем во взглядах, и не по прихоти и не потому, что я не читал или не понял его, но в силу убедительных доказательств. Сам Аристотель научил меня удовлетворять свой разум только тем, в чём убеждают меня рассуждения, а не только авторитет учителя..." [9, т. II, с. 43].

Сомневаясь в его физике, Галилей, тем не менее, пока сохраняет его космологию и методологию познания, убеждённости в достижимости знания свойств вещей. Вместе с тем, осознав решающую роль опыта в раскрытии законов природы, Галилей начнёт приобретать достаточно прочные навыки анализа наблюдений, проектирования и постановки опытов, придавая особое значение опытам мысленным.

Имея уже признанные научные работы, он пытается занять место преподавателя Болонского университета, но тщетно, и уже в 1589 г. возвращается в Пизанский университет в качестве профессора математики, где и начинается его педагогическая и просветительская деятельность. 25-летний профессор читает лекции по астрономии и математике, а для дополнительного заработка даёт частные уроки.

Здесь Галилей изучает конспекты лекций профессоров Пизанского и Римского университетов по натурфилософии, логике и философии и одновременно составляет комментарий к "Альмагесту" Птолемея, надеясь опубликовать его. В конечном итоге он приходит к выводу об ошибочности взглядов Аристотеля на движение и пишет трактат "О движении" (1590 г.). Одновременно его занимает учение Коперника.

До сих пор доводы Коперника опирались на повседневный здравый смысл. Нужны были факты, подтверждающие, что земное и небесное подчиняются единым законам природы. Однако всерьёз заняться их поисками Галилею мешала неприязнь многих профессоров, вызванная его критическим отношением к авторитетам, независимостью в суждениях и т.д. Через два года Галилей будет вынужден покинуть Пизанский университет.

С 1592 г. 28-летний учёный — профессор математики Падуанского университета. Его вступительная лекция своими фактами и логикой произвела на слушателей яркое впечатление. Превосходный оратор и педагог, Галилей на своих лекциях пользовался особым вниманием. Восхищали убедительность его доводов, виртуозность и красноречие, позволявшие ему в дискуссиях побеждать своих оппонентов.

3. Познание гармонии природы опытом и расчётом

По признанию Галилея, его длившаяся 18 лет работа в Падуанском университете совпала с самым плодотворным и счастливым периодом творчества. Он знакомит студентов с такими темами, как сфера и Евклид, "Альмагест" Птолемея, Евклид и механика Аристотеля, теория движения планет, накапливая при этом научный материал, который историки сегодня называют "падуанской механикой" [7, с. 157].

Со смертью отца на старшего в семье Галилео лягут все тяготы по её содержанию и обеспечению приемлемых условий жизни уже для собственной семьи. Безденежье будет преследовать его всю жизнь. А вскоре он заболевает ревматическими припадками, со временем порождающими новые болезни. Лишь забота (в основном любимой дочери Челесты — пока она была жива) будет скрашивать его жизнь.

Из читаемых на лекциях дисциплин Галилей выделяет геометрию и астрономию. Причём на первых порах они ещё не содержали новых идей и представлений, означавших его отход от физики Аристотеля. Возможно, при проведении своих частных уроков он и высказывался в пользу учения

Коперника, но в аудитории, ввиду отсутствия пока ещё не найденных им убедительных доказательств, хранил молчание.

Между тем 17 февраля 1600 г. за идеи о бесконечности миров был сожжён на костре Дж. Бруно, о чём Галилей узнает от своего друга Сагредо. Главный обвинитель в процессе над Дж. Бруно кардинал Р. Беллармино по иронии судьбы спустя 15 лет будет решать судьбу уже самого Галилея. Но случится это не скоро, пока же он, ещё не ведая о своем трагическом будущем, весь в творческих исканиях и сомнениях.

Учёный продолжает интересоваться техникой и сооружениями, для чего заводит механическую и оптическую мастерские. В них он создаёт приборы и инструменты, необходимые для проведения своих исследований. Здесь он конструирует термометр (1592 г.), устройство для подъёма воды (1594 г.), изобретает пропорциональный циркуль для инженерных работ (1606 г.), широко применявшийся впоследствии.

Решая задачи техники, Галилей всё чаще обращается к проблемам механики. В первый год работы в Падуанском университете выходит в свет его работа "Механика", посвящённая статике простых машин — перемещению в простых машинах, связанному с рычагом и наклонной плоскостью. При его жизни в 1634 и 1636 гг. "Механика" переводится на французский и английский языки, обеспечивая ему известность.

Приобретение технических навыков, знакомство с университетской наукой, пробуждение интереса к динамике, а затем и к математике приводит в конечном счёте к тому, что накопленный им механический опыт оборачивается для него своей теоретической стороной, сама же практическая механика становится для Галилея-учёного источником тем и задач и "школой изобретательного эксперимента" [5, с. 217].

В 1604 г. в письме к своему другу Паоло Сарпи он уже приходит к закону свободного падения тел, известному ныне школьникам. В своей заметке об ускоренном движении, исходя из начального и явно ошибочного предположения, что скорость тела пропорциональна пройденному пути, Галилей приходит к правильному заключению, а именно, что этот путь пропорционален квадрату времени, т.е. $s \sim t^2$.

Свои открытия Галилей сопоставляет с учением Коперника, высоко оценивая его для механики. Об этом он писал И. Кеплеру: "На точку зрения Коперника я встал уже много лет тому назад, и мне удалось на основе её найти объяснение многим явлениям природы..." [10, с. 91]. Причём, исследуя проблему "техника — механика — астрономия", он ещё не подозревал о возможности ближайших занятий последнего.

Крупным событием в её развитии явилось изобретение телескопа. В 1609 г. Галилей создаёт свой: "...Я сделал себе свинцовую трубу, по концам которой я приспособил два оптических стекла, оба с одной стороны плоские, а с другой — первое было сферически выпуклым, а второе — вогнутым; приблизив затем глаз к вогнутому стеклу, я увидел предметы достаточно большими и близкими..." [9, т. I, с. 21–22].

Учёный изготовил десяток телескопов, последний — с 32-кратным увеличением, осознав его пользу в морском и военном деле. "Но, оставив земное, я ограничился исследованием небесного", обнаружив за два месяца горы на Луне, спутники у Юпитера, пятна на Солнце, фазы Венеры, выяснив, что Млечный путь — множество звёзд, открыл либрации Луны, высказался о нестационарности "звёздного мира".

Излагая свои наблюдения, 1 марта 1610 г. в "Звёздном вестнике" Галилей отметил, в частности, что "с полной уверенностью можно считать поверхность Луны не такой уж совершенно гладкой, ровной и с точнейшей сферич-

ностью... но, наоборот, неровной, шероховатой, покрытой впадинами и возвышениями, совершенно так же, как и поверхность Земли, ..." [9, т. I, с. 23–24].

Ещё более выдающимся является его объяснение существа Галактики: "Действительно, Галактика является не чем иным, как собранием многочисленных звёзд, расположенных группами. В какую бы её область ни направить зрительную трубу, сейчас же взгляду представляется громадное множество звёзд, многие из которых кажутся достаточно большими и хорошо заметными. Множество же более мелких не поддаётся исследованию" [9, т. I, с. 37].

Описанные Галилеем в "Звёздном вестнике" открытия произвели на современников огромное впечатление, вызвали во всём мире дискуссии, а его сделали необычайно знаменитым. Вместе со славой к нему пришли и почести. Он был удостоен почётного звания первого математика и философа при Флорентийском университете, куда он с большими надеждами и удовольствием переезжает.

Параллельно с его работами И. Кеплер в Праге в том же 1610 г. издаёт трактат "Новая астрономия", в котором излагает два первых закона движения планет, а в 1619 г. — третий закон. В 1611 г. Кеплер создаёт свою зрительную трубу, описав её в "Диоптрике". Между учёными, изучавшими одни и те же проблемы оптики и астрономии, но по-разному оценивавших их, ненадолго возникает переписка.

Впрочем, новые открытия не сразу овладевают сознанием широких масс. Зависит это и от эпохи. Ибо "на заре классической науки нужно было не только преобразовать представления людей о мире, но и преобразовать самый стиль их мышления, с тем чтобы новая наука могла войти в человеческие головы. Поэтому пропагандистский темперамент Галилея был исторически оправданным" [9, т. II, с. 488].

Волнующие его проблемы он обсуждает с друзьями и теми, кого интересовали события в науке. В Падуе и Венеции, во Флоренции и Риме он в откровенных беседах с близкими ему по духу рассказывает о наблюдениях, подтверждающих, по его мнению, учение Коперника. За свои достижения Галилей в 1611 г. избирается в члены Академии Линчеев (научное общество Рима, одно из первых в Европе).

После бесспорной победы в диспуте о природе холода Галилей в 1612 г. публикует уже работу "Рассуждение о телах, пребывающих в воде". Предназначенная широкому кругу читателей: "Я писал на разговорном наречии, потому что хотел, чтобы все смогли прочесть эту книгу", — она стала провозглашением и доказательством ряда научных истин и обоснованием его методологии исследования.

Однако, соглашаясь с открытиями Галилея и прославляя его как первооткрывателя нового, ни один из служителей церкви не допускал и мысли об объективном характере выводов из них и тем более обоснования ими истинности гелиоцентрической системы мира. Ибо наука, по их убеждению, не может претендовать на объективное знание, если она не учитывает канонизированных церковью догматов.

Поэтому, вступив на священную территорию, на которой не было места учению Коперника и тем другим научным идеям, которые проповедовал и защищал Галилей, он приобрёл врагов среди верующих, и особенно церковнослужителей. Доносы на Галилея и его ответы на них тщательно изучались католической церковью, и в итоге опасность высказываемых им взглядов на реальность стала для неё очевидной.

Для защиты своих позиций Галилей с рекомендательными письмами о его лояльности к Священному писанию едет в Рим, где встречается со всеми, кто благоволил ему. Выигрышем хлопот Галилея было лишь то, что его решили не трогать. Но в феврале 1616 г. богословы-цензоры осудили идею Коперника, а 5 марта 1616 г. декретом святой конгрегации учение Коперника, его труд "Об обращении небесных сфер" и подобные ему книги были запрещены.

В этих событиях главную роль играл тот же кардинал Беллармино, не признававший за учёными права толкования Святого писания. При отъезде Галилея он вручил ему свидетельство, из которого следовало, "что учение, приписываемое Копернику, что Земля движется вокруг Солнца, Солнце же стоит в центре мира, ..., противно Святому писанию, и потому его нельзя ни защищать, ни придерживаться" [4, с. 125].

Для учёного, убеждённого в прогрессивности гелиоцентрической системы мира и положительном отношении к ней мыслящих людей, эти события обернулись трагедией. На восемь лет Галилей вынужден был оставить свои обсуждения и выступления в защиту учения. Но это не помешало ему успешно продолжать научную деятельность: она лишь принимает более скрытые и утончённые формы.

В 1623 г. появляется его новая работа "Пробирных дел мастер". В ней выдвигаются идеи независимого от авторитета количественного исследования природы, признания качественных свойств вторичными и сведения их к величине, форме, числу и движению, к конфигурации бескачественных однородных дискретных частей вещества. Но ещё не хватает доказательств, основанных на наблюдении, опыте, расчёте.

Причём в математике он видит судью, определяющего истинность полученных результатов, особо подчёркивая, что книга Вселенной "постоянно открыта нашему взору, но понять её может лишь тот, кто сначала научится постигать её язык и толковать знаки, которыми она написана. Написана же она на языке математики, и знаки её — треугольники, круги и другие геометрические фигуры..." [11, с. 41].

Выводы математики относительно "неделимых" (ибо "континуум состоит из абсолютно неделимых атомов") увязаны Галилеем со строением материи. Если принять, что тела состоят из неделимых, можно "понять и явления разрежения и сгущения тел, не прибегая для объяснения первого к признанию пустых промежутков, а второго — к проникновению одних тел в другие" [9, т. II, с. 154]. Таким образом, от математической атомистики он переходит к физической.

Назначение своего "Пробирщика" он видел в просвещении элиты Италии и Европы. Отрицание покорности принципу авторитета в философии, требование самостоятельного языка физики, отстаивание права свободного научного исследования и свободной дискуссии в обществе придавало его сочинению функцию манифеста передовой философии познания, манифеста свободной от авторитетов науки.

К тому времени Галилей уже имел печальный опыт восприятия своих идей другими. В том же "Пробирщике" он писал: "стоило лишь мне для удовольствия или пользы ...представить свои исследования публике, (это) вызвало у многих желание умалить, похитить или опорочить ту толику признательности, которую, как я полагаю, заслуживают если не мои труды, то по крайней мере мои намерения" [5, с. 15].

Свидетельством продолжающихся в годы молчания интенсивных занятий наукой была публикация в 1624 г. его работы "Послание к Франческо Инголи". Напоминая в ней о своей неизменной верности новому научному знанию и его развитию, он подчёркивает, что "мы остаёмся обязаны высшим наукам, которые одни только и в состоянии развешать темноту, в которую погружён наш разум..." [9, т. I, с. 60].

В упомянутой работе содержится его знаменитое утверждение об относительности понятий и мероопределений, которые средневековая наука считала абсолютными, развивается учение об относительности движения, выведенное из мысленных опытов, происходящих в каюте покоящегося или движущегося равномерно и прямолинейно корабля. Эти опыты известны сегодня всем, они вошли в учебники физики.

С позиций механики и астрономии Галилей пытается сформулировать доказательство истинности коперниковской системы мира. Краткое изложение своих аргументов он представит в том же "Послании к Инголи". Кроме принципа относительности обсуждается в нём и космология. Ведутся им и поиски таких форм обоснования гелиоцентризма, которые позволят ему избежать обвинения в ереси.

Гуманитарий по образованию и воспитанию, наделённый при этом талантами по наблюдению и научному анализу природных явлений и, возможно, потому способный к осмыслению целостности физических явлений, Галилей в своём творчестве поверил алгеброй гармонию природы, заложив основы того рационального восприятия мира, без которого и по сей день немыслимо его понимание и освоение.

4. Свидетель непреложной истины перед лицом света

Следует заметить, что флорентийский период в жизни Галилея уже с самого начала был насыщен его немалыми надеждами на свободу публичных высказываний и последующим разочарованием в её отсутствии, проявлениями благожелательства власти в первое время и вскоре проявившимися признаками предстоящих серьёзных гонений с её стороны за свободомыслие в понимании устройства Вселенной.

Свободные от преподавания годы и последовавший за тем запрет на пропаганду учения Коперника позволили Галилею сосредоточить свою научную деятельность на отыскании решающих аргументов в пользу гелиоцентризма. Появившиеся работы Галилея лучше всего свидетельствовали о его несомненных успехах в этом направлении, а также в развитии новой науки о природе, её методологии и философии.

Обобщающим сочинением, включившим в себя добытые учёным аргументы, станет "Диалог о двух главнейших системах мира" (1632 г.). При его написании он уточнит как содержание, формы построения обоснованного опытами и математикой материала, не приводя при этом особо подробных выкладок, так и приёмы его подачи читателю через логику, учитывающую эмоции и оценки участников диалога.

В манере обсуждения тем "Диалога" просматривается неистовый и упрямый, подчиняющий себе других характер Галилея-просветителя. При этом, "прежде чем отвечать на аргументы оппонента, он упрощал и обесценивал их весьма ясными и наглядными свидетельствами, которые заставляли противника выглядеть особенно нелепо, когда наконец доводы его оказывались полностью разбиты" [12, с. 66].

В конечном виде предложенная инакомыслящим проблема по сути своей принимала форму беседы с проявлениями природы, приобретая свою гуманистическую значимость. Изложение взглядов на строение мира проводится в форме диалога, приводящего к выявлению научной истины. И тем не менее, при всей осторожности Галилея, его "Диалог" был подвергнут довольно сложной, с целым рядом поправок цензуре.

По своей сути "Диалог" — популярное пособие о проблеме самого движения. Одновременно это "педагогический труд, направленный на опровержение аристотелизма и склонение честных людей к новому мировоззрению, которое приносит с собой учение Коперника" [13, с. 77]. Приведённые в "Диалоге" астрономические и механические доводы в пользу этого учения в доступной форме опровергают геоцентризм Птолемея.

Проводимые в "Диалоге" рассуждения представлены в виде бесед трёх венецианцев: Сальвиати (возможного ученика и друга Галилея, передающего его мысли и суждения),

Сагрето (вполне просвещённого человека со здравым смыслом, который должен выбирать между философиями Аристотеля и Галилея) — обоих уже не было в живых — и Симпличио — скорее всего, комментатора взглядов Аристотеля.

Присутствует здесь и четвёртое лицо — Академик, под его именем скрывается Галилей, незримо направляющий обсуждение мира идей. В первый день собеседниками "Диалога" обсуждается равномерное движение тел, во второй — суточное вращение Земли, в третий — годовое обращение Земли и других планет вокруг Солнца, опыты по магнетизму и Земля как природный магнит У. Гильберта, и в самый последний, четвёртый, излагается теория приливов и отливов.

На гелиоцентризм работают принцип относительности движения, законы инерции и свободного падения тел, позднее развитые в учениях Ньютона, а затем Эйнштейна [3], движение тел по наклонной плоскости и брошенных под углом к горизонту, законы сложения движений и изохронности колебаний маятника. Здесь и опыт в каюте корабля как иллюстрация относительности движения и покоя.

Простые в своей основе эксперименты и сама обстановка событий, обращение к здравому смыслу с его парадоксами и к художественным образам способствовали формированию у читателя интереса и серьёзного желания понять актуальные для той эпохи проблемы движения, осмыслению их существа и убедительности полученных выводов. Но и этим формы обоснования истины в "Диалоге" не исчерпываются.

Ибо одной практической логики и образных сравнений мало, чтобы читатель пришёл к отказу от геоцентризма и предпочёл ему учение Коперника. Потребовалось обращение к самой психологии личности, диалогической форме её мышления [6], и Галилей это делал искусно. Ибо построение проводимых в диалоге рассуждений подчинено условиям, рождающим его. Об этом высказывается Сальвиати: "Рассуждения зависят от того, что приходит в голову не одному, а трём, и, беседуя по своему вкусу, мы не связаны той строгостью, которая обязательна для рассуждающего ex professo методически об одном предмете, к тому же, быть может, с намерением обнародовать своё рассуждение. Я не хочу, чтобы наша поэма ("Диалог". — Р.Щ.) была настолько связана требованием единства, чтобы у нас не оставалось свободного поля для эпизодов..." [9, т. I, с. 261].

В развитии диалога анализируется птолемеевское воззрение на мир, но предлагается и иная позиция — учение Коперника. На первых порах в нашем сознании соседствуют вместе две взаимоисключающие теории. Лишь затем проявляют себя преимущества гелиоцентризма перед геоцентризмом. При этом радикально новое начинает вытеснять предыдущее. Процесс протекает плавно, без насилия над личностью.

Диалогическое действо о новейшем понимании мира построено им настолько мастерски, что в итоге вся совокупность логических и геометрических построений, образных и литературных воспоминаний, описаний, полемических выступлений и эмоциональных признаний автора ведут читателя к постепенному освобождению от прежних представлений и прежнего стиля мышления о природе и о себе.

Разрушая своим "Диалогом" устаревшие представления о природе на Земле и в космосе, Галилей взамен им предлагал новое знание, на основе которого формировал по возможности научное мировоззрение. Устами Сальвиати учёный убеждает в том, что "человеческий разум познаёт некоторые истины столь совершенно и с такой абсолютной достоверностью, какую имеет сама природа; ..." [9, т. I, с. 201].

Согласно А. Эйнштейну, "выступая в защиту учения Коперника и ведя борьбу за неё, Галилей руководствовался

не только стремлением упростить представление о движении небесных тел. Его цель состояла в том, чтобы с помощью беспристрастного и напряжённого поиска достичь более глубокого и более последовательного понимания физических и астрономических фактов, которое бы заменило прогнившую и ставшую бесплодной систему идей" [14, с. 339].

Итак, убедительное обоснование истинности учения Коперника проведено Галилеем на логическом, философском, риторическом и психологическом уровнях, что обеспечило ему высокую популярность в образованных кругах европейского общества [8, с. 171]. И, тем не менее, усилия автора ещё не могли привести к формированию новой картины мира у широких масс и тем более не могли стать элементом их культуры.

Нужны были значительные социальные перемены в обществе всей Европы, чтобы гелиоцентризм оказался жизненно интересен и важен простому человеку, центр тяжести его силы убеждения переместился из непосредственной очевидности ("вижу своими глазами") в неочевидную ("вижу своим духовным взором"), после чего идеи Коперника органично вошли в плоть и кровь европейской культуры [15, с. 84].

Но время ставит иные проблемы, уводя в небытие прошлые. Ф. Араго, оценивая "Диалог" из XIX в., с иронией отметит, что "самые простые предметы изложены так многословно, что в наше время книга ничего не произведёт, кроме скуки. Хотя в ней есть истины, достойные внимания, но они закрыты кучей ничтожных комплиментов, которыми потчуют друг друга разговаривающие" [16, с. 76].

Сегодня "Диалог" исследован основательно, остались неясными лишь нюансы [8, с. 62]. Пока же его назначение и значение видится в том, что в нём представлен мастерский в дидактическом и литературном плане образец популярного и отчасти учебного пособия, пример того, как оно может помочь в понимании радикально нового и в отыскании возможных форм и методов обучения и популяризации науки.

5. Публичная защита новой науки и мышления

Пытаясь примирить свои научные взгляды с идеологическими и политическими особенностями своей эпохи, Галилей лучше других понимал неотвратимость возникновения конфликта с католической церковью, её инквизицией. Скорее всего, он догадывался, что, как бы ни осторожничал в своём поведении, он в глазах общества и власти неумолимо будет приближаться к своему трагическому концу.

Популярность "Звёздного вестника", "Пробирных дел мастера", "Послания к Инголи", переписки и особенно "Диалога" привлекла к нему излишнее внимание инквизиции. Впрочем, уже давно к Галилею как учёному прислушались, критически воспринимали и, более того, писали на него доносы несогласные и оскорблённые в своих взглядах на Божественный мир профессора, теологи и простые верующие.

Но главной силой против Галилея явились личные амбиции папы Урбана VIII, который после политических неудач и кризиса духовного авторитета церкви, для укрепления своих позиций в теологической области увидел в "Диалоге" попытку умалить его и церкви авторитет. Высоко оценивая заслуги Галилея, Урбан, однако, не мог допустить того, что учение Коперника претендует на объективный смысл.

С 1632 г. готовятся обвинительные материалы по "Диалогу" с учётом событий 1616 г., а в 1633 г. с апреля по июнь проводится процесс с допросами над прибывшим в Рим Галилеем. 22 июня, по приговору (в монастыре Santa Maria sopra Minerva), он остаётся "под сильным подозре-

нием в ереси", и ему предложено очиститься отречением. "Диалог" был запрещён, а его автор приговорён к заключению и покаянию.

В итоге всех этих драматических для Галилея-учёного и человека событий он в своём вынужденном публично высказанном отречении скажет: "...От чистого сердца и с непритворною верою отрекаюсь, проклиная, объявляя ненавистными вышеозначенные заблуждения и ереси и вообще все и всякие противные вышеозначенной святой церкви заблуждения, ереси и сектантские учения" [4, с. 217].

Отречение Галилея принесло удовлетворение верующим, но на его сторонников произвело гнетущее впечатление. Узнав о сожжении экземпляров "Диалога" и осуждении его автора, Р. Декарт писал: "Это меня так поразило, что я почти решился сжечь все мои бумаги или, по крайней мере, никому их не показывать... Признаюсь, если движение Земли есть ложь, то ложь и все основания моей философии..." [17, с. 481].

Иная по сравнению с судьбой Дж. Бруно мера обвинения Галилея объяснялась благосклонностью к нему папы и его приближённых, стремившихся укрепить свои позиции в расстановке религиозно-политических сил и сохранить жизнь учёному, признанному украшением католической культуры. Тогда же возникла легенда, по которой он, якобы, в конце заточения: "*Eppur si muove* (всё-таки она вертится)".

Во всяком случае, процесс сыграл немалую роль в популяризации учёного и его личности. Приговорённый к пожизненному заточению, он вскоре отбудет в Сиену близ Флоренции, а спустя полгода ему разрешат поселиться в своём доме в Арчетри. Находясь до конца своих дней под домашним арестом, Галилей свои письма будет подписывать так: "Из моей темницы в Арчетри".

И лишь в конце XX в. папа Иоанн Павел II объявит решение суда инквизиции над Галилеем ошибочным, дело Галилея будет закрыто, а он реабилитирован. 400-летний юбилей со дня изобретения телескопа и первых телескопических наблюдений Галилея, 2009 год, будет отмечен как Всемирный год астрономии.

6. Создание новой науки о предмете чрезвычайно старом

Уже через две недели после пережитой драмы 69-летний Галилей приходит в себя и обращается к механике. А в 1638 г. в Голландии выходит в свет его труд "Беседы и математические доказательства" с предложенной им более сложной кинематической картиной мира, включающей в себя ускоренное движение в силовых полях.

Но если в "Диалоге", направленном против аристотелева тезиса о статической гармонии бытия, в повествовании "стучат клинки и если не люди, то аргументы сталкиваются, падают, снова поднимаются и снова падают", то "Беседы" "проникнуты спокойной примирённой мудростью..." [4, с. 225], пришедшей к Галилею с опытом жизни и 40-летней научной деятельности, диктующей уже новые задачи.

"Беседы" отнюдь не просвещают читателя. Они предназначены для специалистов, и потому в них даны уже уточнённые представления об обсуждаемых проблемах. В основном это проблемы механического подобия, колебания, акустики, строительной механики, механических движений и оптики. В ходе их обсуждения Галилей опирается на опыт ремесленников, эксперимент и математические расчёты.

Он демонстрирует владение количественными характеристиками скорости, ускорения, пониманием формы закона ускоряющих сил и закона инерции [18], доказывает, что период колебаний маятника не зависит от его массы, но от длины нити: "длины маятников обратно пропорциональны квадратам чисел их качаний, совершаемых в течение определённого промежутка времени" [9, т. II, с. 190].

Эксперименты реальные и мысленные в его рассуждениях играют, как обычно, решающую роль. Так, для обоснования закона свободного падения тел Галилеем проводится опыт с наклонной плоскостью: "Вдоль узкой стороны линейки или, лучше сказать, деревянной доски... был прорезан канал... по этому каналу мы заставляли падать гладкий шарик из твердейшей бронзы совершенно правильной формы".

Используя для измерения времени ведро с водой, бокал и весы, меняя величину угла наклона доски, а также самого пути, повторяя "много раз один и тот же опыт, чтобы точно определить время... мы постоянно находили, что отношение пройденных путей равно отношению квадратов времени их прохождения при всех наклонах плоскости, т.е. канала, по которому скользил шарик" [9, т. II, с. 253].

Галилей отмечает, что скорость тела присуща самому телу, "в то время как причины ускорения или замедления являются внешними; это можно заметить лишь на горизонтальной плоскости, ибо при движении по наклонной плоскости вниз наблюдается ускорение, а при движении вверх — замедление. Отсюда следует, что движение по горизонтали является вечным..." [9, т. II, с. 282].

Вместе с тем он первым из учёных своего времени поставил вопрос о необходимости союза науки и производства. В "Беседах" подчёркнуто, что техническая практика содержит опытный материал для будущих теоретических выводов. Он настаивает на полезности рассмотрения технических задач как задач физико-математических. В таком случае применение опыта и математики особенно важно.

Обсуждаются в "Беседах" также проблемы геометрической и физической оптики. В частности, рассказывается о попытке учёного определить скорость света двумя наблюдателями с фонарями. Опыт не удался, и всё же учёный приходит к правильному заключению о конечности скорости света. Ставил он опыты и с призмой, наблюдал дифракцию света, уделяя внимание изучению флуоресценции.

Впоследствии Галилей намеревался написать работу по оптике. "Вероятно, — предполагал С.И. Вавилов, — она имела бы излюбленную Галилеем форму оптического диалога или беседы с непринуждённой логикой, художественной живописью и огромным содержанием в области опыта, наблюдения и научной философии" [2, с. 615]. Но его замысел остался невыполненным, а сделанное им — не использованным.

Таким образом, последнее сочинение Галилея явилось серьёзным научным трудом учёного, вобравшим в себя всё главное, что он к тому моменту знал, понимал и умел делать в той области знаний, которая спустя столетие приобретёт статус экспериментально-математической дисциплины, — механики и физики. Очевидно, поэтому "Беседы" привлекут со временем внимание историков и философов.

В итоге их изучения с позиций истории, философии и психологии исследователи творчества Галилея так и не смогут решить для себя: то ли путь построения им новой физики лежал в самом движении от геометрической теории к эксперименту, или основным был присущий ему эмпирический путь формирования механики, или же ведущая роль в его деятельности принадлежала учению об аргументации.

7. Итоги научной деятельности итальянского гения

Находясь в заточении, Галилей, однако, не прерывает тесной связи с учёными своего времени. Переписка с Дж. Борелли, Б. Кавальери, В. Вивiani, Б. Кастелли, М. Мерсенном, Э. Торричелли — тому свидетельство. Его письма к ним служили их воспитанию и поддержке тех идей и представлений, в которых он видел дальнейшее развитие новой науки, практики и философии.

Публикация "Бесед" Галилея была омрачена постигшей его к тому моменту слепотой: "Эта Вселенная, которую я своими наблюдениями и ясными демонстрациями расширил в сотни, нет, в тысячи раз за пределы, видимые обычными людьми на протяжении прошедших веков, теперь для меня уменьшилась и сократилась так сильно, что ждалась до жалких очертаний моего собственного тела" [12, с. 466].

Не дожив месяца с лишним до своего 78-летия, Галилей скончался 8 января 1642 г. и был похоронен в церкви Санта-Кроче. Последние часы у его постели находились Вивiani, Торричелли и сын Галилея Винченцо. В 1656 г. впервые вышло его собрание сочинений, причём "Диалог" в него тогда ещё не был включён. В сочинениях отражены научные представления Галилея, внесённые им в науку и культуру.

По точному замечанию Л. Ольшки, "Галилей был последним из тех универсальных руководящих умов, которые извлекли из бьющей через край массы достижений античной и новой национальной и европейской культуры вечные ценности и облекли их в органическое целое, придав им живой смысл и всеобщее значение и указав им плодотворное направление и осязаемые цели" [19, с. 313].

Как и большинство его современников, Галилей был гуманитарием и естественником, математиком и философом. Познавая посредством логики, опытов и расчётов явления природы, он верил в независимое существование её. Учёный подчеркивал: природа бесконечна, как и бесконечно её познание, материя однородна, вещество неуничтожимо, а сам мир рационален и подчинён механической причинности.

По его убеждению, отыскание причин явлений — главная цель науки. Доказывать истинность её положений значит исходить "из их первоначальных и бесспорных основ" [9, т. II, с. 120]. Причём сами гипотезы следует проверять на опытах, одни из которых реальные (с маятником и наклонной плоскостью), но большая часть — мысленные. Глубокие по "исполнению", они приводили к важным выводам.

По словам Сальвиати, "Академик всегда был экспериментатором не менее прилежным, чем любознательным" [9, т. II с. 382], видевшим назначение опытов в отыскании объяснения механизма явления для себя и других. Объяснение будет приближённым, ибо не существует тел, свободных от внешнего влияния, и потому экспериментатор "не должен удивляться, если он потерпит неудачу..." [5, с. 234].

Действительно, учёный старался "очистить" явления от внешнего влияния в реальных экспериментах; об этом не забывал он и в своих мысленных опытах. Их он проводил чаще, чем реальные, ибо, во-первых, были на тот момент трудности в постановке реальных, а во-вторых, реальные не убеждали особо адептов физики Аристотеля: те больше доверяли логике рассуждений, лежащей в основе мысленных.

Немалую силу убеждения, заложенную в них Галилеем, В.С. Библер объясняет тем, что в том же "Диалоге" «нет ни одного мысленного эксперимента над идеализированным предметом, который не осуществлялся бы одновременно как эксперимент над внутренней речью, который не катализировал бы скрытые потенции превращения "логики Аристотеля" в "логику Коперника"» [6, с. 188].

Что же касается математики, то она для Галилея была языком науки и средством исследований явлений природы. Считая наиболее надёжным методом геометрию, он арифметику и алгебру обычно не применял, и потому их отсутствие в проводимых им математических расчётах нередко приводило к нехватке нужных средств, порождая нечёткость в его метафизических и физических представлениях [20, с. 312].

Это и многое другое привело Галилея к ряду ошибочных выводов о природе явлений. Так, возможности его телескопа не позволили ему открыть кольца Сатурна,

учёный пренебрёг фактом движения планет по эллипсам Кеплера, у него корабль движется не строго поступательно, но по дуге большого круга поверхности Земли, тела же падают вертикально и не отклоняются к востоку и несколько к югу и т.д.

По замечанию выдающегося физика-оптика и историка науки С.И. Вавилова, "физические и астрономические доводы Галилея в пользу подвижности Земли либо не новы, либо ошибочны, либо малосущественны; законы Кеплера ускользнули от его внимания или остались непонятыми им, галилеева теория приливов неверна, а его представления о кометах кажутся сейчас архаическими" [2, с. 584].

Но это станет очевидным потом, с развитием науки, с появлением фактов и доказательств, не имевшихся у Галилея. Впрочем, гений не совершает ошибок, они становятся вратами в новые открытия. Пока же его заслуги в обосновании гелиоцентризма признаются учёными (хотя их было мало и они терялись в общей массе), а его открытия в астрономии и механике активно пропагандируются М. Мерсенном.

Со своей стороны, уже на Галилеевском симпозиуме в Италии в 1964 г. Р. Фейнман подчеркнёт современность идей Галилея в науке XX в.: "Всё, что мы делаем, все идеи и все методики соответствуют духу и позиции Галилея. Придерживаемся тех же традиций, следуем им — даже в деталях, при выполнении численных измерений, и используем их как одно из лучших средств... в физике" [21, с. 143].

В наше время И.Ю. Кобзарев, отмечая значение трудов Галилея в формировании Ньютона как исследователя и в его воспитании, довольно убедительно предположит, что "у молодого Ньютона книги Галилея были, видимо, настольными, он пользовался ими так же, как современный физик пользуется курсом теоретической физики Ландау и Лифшица и таблицами Розенфельда" [22, с. 20].

Таким образом, в принципе и в целом Галилей явился основателем экспериментального и математического естествознания, осуществив первые реальные шаги в этом направлении. В конечном счёте своим творчеством он рисовал количественную картину мира, которая была ещё недостаточно конкретной и единой и поэтому ещё не могла претендовать на роль собственно научного мировоззрения.

Успехи Галилея в создании новой науки были обеспечены методом исследований, напоминающим нам современный. Он включал в себя восприятие физического явления (чувственный опыт), рабочую гипотезу (аксиому), нахождение возможных логических следствий из неё (математическую разработку) и, наконец, саму опытную проверку (эксперимент) как высший критерий всего пути открытия [13, с. 81].

По определению историка Б.Г. Кузнецова, "Стихия Галилея — мысленные эксперименты, кинематические и динамические картины и логические конструкции; пафос Галилея — пафос возможности математического постижения мира; эпоха Галилея — утро математического анализа непрерывного движения тождественных себе частиц" [4, с. 10, 11]. За его работами последовала механика Декарта и Ньютона.

Философ А. Койре заметит, что Галилею и его сторонникам предстояло "реформировать структуры самого нашего разума, заново сформулировать и пересмотреть его понятия, представить бытие новым способом, выработать новое понятие познания, новое понятие науки — и даже заменить представляющуюся столь естественной точку зрения здравого смысла другой, в корне от него отличной" [23, с. 131].

8. Заключение: послание Галилея потомкам

Итак, и в науке, и в литературе Галилео Галилей был представителем гуманистической традиции, позволявшей

ему широко использовать воображение при решении научных задач. Причём, в отличие от своих современников, он стремился разграничить художественное и научное творчество, придав последнему истинную самостоятельность.

Своим стилем мышления и методами исследования он дал образец учёного, способного к рациональному изучению явлений природы, поистине научному и мировоззренческому обобщению полученных данных, и к тому же постоянно заботящегося как о защите научных представлений от ненаучных, так и об этике суждений в целом.

"Когда требуется напрячь разум, люди имеют обыкновение поступать так: чем они менее сведущи в предмете и чем слабее разбираются в нём, тем решительнее о нём судят; с другой стороны, располагая кое-какими сведениями и кое-что понимая, они с большой осторожностью выносят свои суждения о чём-нибудь новом" [11, с. 113].

На своём примере Галилей продемонстрировал идеологию физика, не только настойчиво защищавшего ценностные нормы и установки научной деятельности, но и применявшего свой талант и навыки для взаимодействия с идеологией власти и общества своего времени, что является неизбежным правилом поведения учёного и в наши дни.

Творчеством и методами его внедрения в общество он существенно повлиял на его научно-мировоззренческие представления. Для нас же конкретную ценность имеет тот факт, что в процессе диалогического общения он помогал осваивать идеи научного подхода к явлениям природы, постигать её законы и убеждать в их полезности.

Вклад его "Диалога" в преодоление прежних представлений обучаемого и его движение к научной истине, к новому мировоззрению очевиден. Сам же Галилей своей творческой деятельностью даёт нам пример формирования в себе тех важных качеств положительного восприятия научного знания, которые останутся полезными и сегодня.

Актуальность образа Галилея в том, что в нашем воображении он предстаёт как учёный и просветитель. Первый делал всё, чтобы, служа образцом учёного-физика, заложить основы механики, второй же на личном примере пропаганды новой науки оставил нам образцы того, как успешно формировать основы научной культуры у общества. Начавшееся в XVIII в. и продолжающееся по сей день увлечение отечественной науки и культуры творчеством Галилея служит ещё одним свидетельством того, что учение гения заняло своё достойное место в науке, философии и образовании. Галилей навечно вписал своё имя в "Историю истории Вселенной" [24, с. 540], но драма Галилея продолжает оставаться проблемой нравственности, актуальной и в наши дни.

Стало быть, Галилей убеждает нас в значимости учёного, если наряду с занятиями наукой он активно популяризирует её [25] с надеждой на то, что общество будет стремиться к овладению научным знанием и мышлением и в благодарность поддерживать саму научную деятельность как гарантию своего собственного прогресса.

Список литературы

1. Вавилов С И *УФН* **83** 583 (1964) [Vavilov S I *Sov. Phys. Usp.* **7** 596 (1965)]
2. Крылов А Н *УФН* **2** 143 (1921)
3. Фок В А *УФН* **83** 577 (1964) [Fock V A *Sov. Phys. Usp.* **7** 592 (1965)]
4. Кузнецов Б Г *Галилей* (М.: Наука, 1964)
5. Ахутин А В *История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.)* (М.: Наука, 1976)
6. Библер В С *От наукоучения — к логике культуры. Два философских введения в двадцать первый век* (М.: Политиздат, 1991)
7. Кирсанов В С *Научная революция XVII века* (М.: Наука, 1987)
8. Косарева Л М (Отв. ред.) *Методологические принципы современных исследований развития науки (Галилей)* Реф. сб. (М.: ИНИОН АН СССР, 1989)
9. Галилей Галилео *Избранные труды* В 2-х т. (Сост. У И Франкфурт) (М.: Наука, 1964)
10. Деборин А М (Ред.) *Галилео Галилей. 1564–1642* (М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1943)
11. Галилей Галилео *Пробирных дел мастер* (Отв. ред. Я А Смородинский, сост. и пер. Ю А Данилов) (М.: Наука, 1987)
12. Sobel D *Galileo's Daughter: a Historical Memoir of Science, Faith, and Love* (New York: Walker & Co., 1999) [Собел Д *Дочь Галилея: исторические мемуары о науке, вере и любви* (Пер. с англ. О В Чумичевой) (СПб.: АМФОРА, 2006)]
13. Gliozzi M "Storia della Fisica", in *Storia delle Scienze* Vol. 2 (Torino: Unione tipografico-editrice torinese, 1962) [Льютти М *История физики* (Пер. с итал. Э Л Бурштейна) (М.: Мир, 1970)]
14. Einstein A "Foreword", in *Galilei G Dialogue Concerning the Two Chief World Systems, Ptolemaic & Copernican* (Berkeley: Univ. of California Press, 1953) [Эйнштейн А *Собрание научных трудов* Т. 4 (М.: Наука, 1967)]
15. Косарева Л М "Картины Вселенной в европейской культуре XVI–XVIII вв. (На рубежах познания Вселенной)", в сб. *Историко-астрономические исследования* Вып. 22 (Под ред. А А Гурштейна) (М.: Наука, 1990)
16. Араго Ф *Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров* (Пер. Д. Перевощикова) Т. 1 (М.–Ижевск: РХД, 2000)
17. Слюсарев Г Г "Декарт и оптика XVII века", в кн. Декарт Р *Рассуждение о методе* (Ред., пер. Г Г Слюсарев, А П Юшкевич) (М.: Изд-во АН СССР, 1953)
18. Тюлина И А, Чиненова В Н "К учению Галилея о движении тяжелых тел", в сб. *Исследования по истории физики и механики — 1988* (Отв. ред. А Т Григорьян) (М.: Наука, 1988)
19. Ольшкы Л *История научной литературы на новых языках* Т. 3 *Галилей и его время* (Пер. Ф А Коган-Беренштейн, П С Юшкевича, предисл. С В Васильева) (М.–Л.: Гостехиздат, 1933)
20. Погребыский И Б *От Лагранжа к Эйнштейну* (М.: Янус, 1996)
21. Feynman R P *The Pleasure of Finding Things Out* (Cambridge, Mass.: Perseus Books, 1999) [Фейнман Р *Радость познания* (Пер. с англ. Т А Ломоносовой) (М.: АСТ, 2013)]
22. Кобзарев И Ю *Ньютон и его время* (Новое в жизни, науке, технике. Сер. "Физика", Вып. 5) (М.: Знание, 1978)
23. Койре А *Очерки истории философской мысли* (Пер. с франц. Я А Ляткера, Общ. ред. и предисл. А П Юшкевича) (М.: Прогресс, 1985)
24. Черепашук А М *УФН* **183** 535 (2013) [Cherepashchuk A M *Phys. Usp.* **56** 509 (2013)]
25. Щербаков Р Н *Вестник РАН* **82** 1101 (2012)

"Galileo was amazingly endowed with a gift of... inculcating scientific truth"

R.N. Shcherbakov

Pyarnuskoe shosse, d. 125a-29, 11314 Tallinn, Estoniya
Tel. (372) 674 86 80. E-mail: robertsch961@rambler.ru

Ever since centuries ago, when he came to the fore as a mighty figure in Enlightenment science, Galileo Galilei has been admired and respected not only for supporting Copernican theory and laying the foundations of mechanics and physics; and not only for his unique ability to disprove arguments against the new science and the new world view; but also for his civic courage in defending his discoveries and views, a crucial quality for anyone who opposes outdated views and ideas.

PACS numbers: **01.60.+g**, **01.65.+g**

Bibliography — 25 references

Uspekhi Fizicheskikh Nauk **184** (2) 153–160 (2014)

DOI: 10.3367/UFNr.0184.201402c.0153

Received 25 September 2013, revised 8 January 2014

Physics – Uspekhi **53** (2) (2014)