

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКиз истории физики

ОБ УЧЕНИИ НЬЮТОНА О МАССЕ

B. Г. Фридман

ВВЕДЕНИЕ

Весьма распространено, можно сказать, общепринято мнение, будто Ньютон определял массу как количество вещества (материи) в теле. Этому определению принято противопоставлять другое, считающееся более современным, лучшим, а именно: определение массы как меры инертности тела. Одна из основных задач настоящей работы — показать, что в действительности Ньютон дал иное определение массы. Несмотря на то, что Ньютон был приверженцем атомистического учения древних греков и сам нередко высказывал мнение (и в его «Началах» и особенно в «Оптике»), что все тела состоят из приблизительно одинаковых твердых (прочных) частиц или атомов единой материи, он, будучи принципиальным врагом не обоснованных на опытах гипотез, отказался дать определение массы как количества этой единой материи, отказался построить на основе такого «гипотетического» определения свою динамику.

В связи с этим обычное обвинение по адресу Ньютона в том, что его определение не вяжется с фактом разнородности материи, отпадает, если восстановить то подлинное определение массы, которое Ньютон действительно дал.

Подлинное ньютоновское определение массы. Для решения вопроса о том, каким было действительное определение массы Ньютоном, мы исходили из оригинального латинского текста основной работы Ньютона: «Philosophiae naturalis Principia mathematica» *), а также из известного русского перевода этой работы академика А. Крылова.

Мы использовали три латинских издания «Начал», вышедшие при жизни Ньютона в 1687, 1714 и 1723 гг.**), а также латинское издание 1871 г., вышедшее в свет под редакцией Томсона и Тета, представляющее перепечатку третьего (памбертоновского) издания «Начал», изданного д-ром Памбертоном при жизни Ньютона, в 1726 г.***). В качестве дополнительного материала нам послужили прежде всего и в особенности русский перевод А. Крылова (том VII полного собрания сочинений академика Крылова, изд. 1936 г.), а также английский перевод Мотта, вышедший в свет повторным изданием в 1803 г. с интересными дополнениями английского математика Эмерсона, и, наконец, немецкий перевод Вольферса (Берлин, 1872 г.).

Ньютоновское определение массы дано в так называемом «Определении 1», с которого начинается работа Ньютона «Начала». А. Крылов приводит

*) «Математические начала натуральной философии»; в дальнейшем мы называем ее «Начала».

**) Последнее вышло в Амстердаме (не памбертоновское издание).

***) С этого последнего издания акад. Крылов и делал (главным образом) свой перевод.

это определение I в следующем виде: «Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее». К сожалению, это принципиально столь важное определение переведено А. Крыловым не только неточно, но и с некоторым, если можно так выразиться, произволом. Латинский текст оригинала следующий: «Quantitas materiae est mensura ejusdem *Orta ex illius densitate et magnitudine conjunctim*».

Точный перевод здесь такой: «Количество материи есть ее мера, возникающая^{*)} совместно из ее плотности и объема».

Слово «масса» в скобках добавлено переводчиком. А между тем такое добавление содействует закреплению неверного, весьма распространенного у нас мнения, будто Ньютон определял массу как количество вещества. И это тем более, что и в дальнейшем А. Крылов в своем переводе несколько раз приводит слова «количество вещества», опять сопровождая их в скобках словом «масса», чего у Ньютона не было (например, стр. 515, 521). Впрочем, такое неверное понимание Ньютона было всюду распространено и в XIX веке, задолго до выхода в свет перевода Крылова (в 1915 г.)^{**}.

Кроме того, у Ньютона не было здесь термина «пропорционально», которым сам Ньютон очень часто пользуется в ряде других мест «Начал» и даже в самом пояснении к определению I, где сказано, что количество вещества в теле пропорционально его весу. Ньютон вовсе не говорит в самом определении I о точном математическом выражении массы (или «количество вещества», как сказано у Ньютона), что сейчас выражают формулой $m = V \cdot d$. Ньютон указывает лишь на то, что та мера материи, которую он обозначает термином «количество вещества», происходит (*orta ex*) как мера, из совместно или объединенно (*соглъщтим*) плотности тела и его объема, что при суждении о величине этой меры нужно, следовательно, принимать во внимание и объем тела и его плотность; но Ньюトン, с присущей ему осторожностью, характерной для всего его научного творчества, отказывается говорить здесь, т. е. в самом определении, о точной пропорциональности.

Но далее, в пояснении к определению I, Ньютон разъясняет, в каком смысле это определение надо понимать. Он говорит, что «воздуха двойной плотности в двойном объеме вчетверо больше, в тройном — в шестеро». Это действительно означает, что Ньютон в этом примере фактически считал количество вещества (материи) точно пропорциональным его объему и плотности; но Ньютон очень хорошо понимал, что нельзя об этой пропорциональности говорить в общем определении количества вещества (что, к сожалению, в переводе сделал Крылов). Все дело в том, что Ньютон ясно сознавал (как мы это выясняем в дальнейшем), какие здесь возникают трудности по отношению к разнородным телам (например, при сравнении количества вещества в золоте и в дереве)^{***}). Ньютон сам говорит в пояснении, что «это же относится и ко всякого рода телам, которые, в силу каких бы то ни было причин, уплотняются», т. е. относится все же к однородным^{****}) телам, но лишь в различной степени уплотнения или разрежения. Распространяя определение I на случай разнородных тел, Ньютон натолкнулся на большие принципиальные трудности. Это были затруднения из-за произведенной Ньютоном экстраполяции применяемого в обычной практике понятия

^{*)} Или происходящая, в смысле возникновения самого понятия этой меры, каковую Ньютон назвал «количество вещества».

^{**)} Надо, однако, заметить, что акад. Крылов позднее, в 1943 г., в его сборнике статей «Мысли и материалы о преподавании механики», а также в сборнике «Исаак Ньютон», выпущенном Академией наук СССР к трехсотлетию со дня рождения Ньютона, в его статье «Ньютон и его значение в мировой науке» (стр. 6) приводит ньютоновское определение I без слова «масса» в скобках.

^{***)} На это указывал и наш Ломоносов.

^{****)} Из одного и того же вещества.

«количество вещества» от случая сравнения однородных тел на случай сравнения разнородных. Именно из-за этой экстраполяции Ньютону вообще пришлось заняться специальным определением самого термина (или понятия) «количество вещества» *). Это понятие весьма ясно для случая однородных тел и для этого случая не нуждается ни в каком особом определении, притом независимо от того, представляет ли такое тело смесь, или раствор, или сплав нескольких химически различных веществ или нет; нужно лишь, чтобы эта смесь, раствор или сплав были на всем протяжении тела одинаковыми, чтобы тело определенного состава сравнивалось с другим телом такого же состава, т. е. чтобы тела сравнивались по количеству одинакового вещества. В этом простом случае достаточно принять некоторый объем или вес данного однородного вещества за единицу его количества и сравнивать с ним объемы или веса других тел. Поэтому словом *ота* Ньютон, очевидно, хотел выразить то, что для случая разнородных тел само понятие, выраженное термином «количество вещества», возникает из принятия во внимание и плотности и объема тела, и притом только их. При этом указание на плотность было указанием на то, что о количестве вещества в данном теле нельзя судить лишь по его размерам, что нужно принимать во внимание и то, из какого вещества оно состоит (впоследствии наш великий ученый Менделеев говорил о важности знать, «сколько и какого дано вещества»).

Теперь мы вернемся к вопросу о термине «масса». Этого термина, как мы видели, нет в оригинальном латинском тексте определения 1. О нем Ньютон говорит лишь дальше, в пояснении к этому определению. А именно, он в конце этого пояснения указывает, что «это же количество я подразумеваю в дальнейшем под названиями тело (*cogitus*) или масса (*massa*)». Отсюда, по-видимому, и был сделан неправильный вывод о том, будто Ньютон определяет массу как количество вещества. В действительности же это указание Ньютона означает лишь то, что термин «масса» (*massa*), наравне с термином «тело» (*cogitus*), употребляется Ньютоном в дальнейшем как синоним (другое название) термина «количество вещества» **), определенного в определении 1, т. е. взятого не в общежитейском смысле, который был известен еще до Ньютона, а в качестве специального нового термина механики, введенного Ньютоном. Но указание на синоним термина никогда не являлось и не является определением этого термина. Например, указывая на то, что родина означает то же самое, что отчество, или что аэроплан — это то же, что самолет, или что локомотив — это то же, что паровоз, мы этим самым вовсе не определяем, что такое родина, или аэроплан, или локомотив, не раскрываем содержания понятия, обозначаемого тем или иным термином. Правда, иногда замена менее известного термина более известным как бы заменяет определение первого термина; например, говоря, что аэроплан — это то же, что самолет, мы делаем, так сказать, более доступным для понимания широких масс термин «аэроплан»; но это лишь потому, что эти широкие массы знают, что такое самолет, т. е. знают его определение.

Действительное (подлинное ньютоновское) определение массы или *cogitus* *** имеется, по существу дела, у самого Ньютона. Его нетрудно получить, заменив в ньютоновском определении количества вещества термин «количество вещества» термином «масса». Вот это подлинное ньютоновское определение массы:

*) Обобщение научных понятий часто ведет к необходимости нового их определения, охватывающего старые как частные случаи.

**) Акад. Крылов правильно указывает в примечании 5 (стр. 23), что «слова „количество материи“ составляют как бы одно слово, один новый термин». Такие термины из двух слов нередко встречаются в физике, например: удельная теплота, коэффициент расширения, сила тока, удельный вес и т. д.

***) В дальнейшем мы этот последний термин будем выражать словом «корпус», чтобы отличить его от слова «тело», имеющего, все же, другой смысл.

«Масса есть мера материи*), возникающая совместно из ее плотности и объема». Мы не говорим здесь о термине «корпус», ибо он сейчас совсем не применяется в смысле массы, хотя сам Ньютон употреблял его в «Началах» в этом смысле гораздо чаще, чем термин «масса». На этом вопросе мы должны сейчас остановиться несколько подробнее.

Мы отметили выше, что Ньютон сам указывал, что «это же количество я подразумеваю в дальнейшем под названиями тело или масса». Так переведено (притом неточно) у акад. Крылова. Латинский текст Ньютона здесь такой: «*Nat^es autem quantitatū sub nomine Corporis vel Massae i*n* sequentib^{us} passim intelligo*». Мы подчеркнули слово «passim», ибо оно в переводе (в остальном — вполне точно) пропущено Крыловым. А между тем, по самому существу дела, оно имеет большое значение.

Прежде всего заметим, что латинское слово «passim» имеет весьма многообразные значения, а именно: обычно, рассеянно, попеременно, там и сям, без различия, беспорядочно. Иными словами, слово «passim» представляет то, что называют омонимом**). Омонимы весьма часты в латинском языке.

Какое же из этих многочисленных значений следует выбрать? Пропуская совсем слово «passim», акад. Крылов, очевидно, исходил из его значения «всегда». Слово «passim» пропустил и Вольферс в своем переводе «Начал». А Мотт перевел «passim» в виде «every wh^{en}», что значит «как когда» или «обычно».

Сам Ньютон применяет в «Началах» слово «passim» еще один раз, когда он (в заключительном Понятии) говорит, что «слово бог *passim* означает властитель». У Крылова это переведено так: «Слово бог обыкновенно означает властитель». Акад. Крылов правильно перевел здесь слово «passim» словом «обыкновенно», ибо слово «бог» означает для верующих не только «властитель».

Но в случае пояснения к определению 1 слово «passim», по нашему мнению, должно быть переведено «там и сям» или «попеременно». Это подтверждается той терминологией, которую Ньютон фактически применяет в «Началах» в дальнейшем — *i*n* sequentib^{us}*, как говорит Ньютон.

Заметим, наконец, что, согласно прямому указанию Ньютона в пояснении к его определению 1, термин «масса» представляет синоним термина «количество вещества». Однако ученые посленьютоновских времен, говоря о массе или количестве вещества, незаметно изменили слово «или», означавшее, согласно Ньютону, то, что термины «масса» и «количество вещества» равнозначны, т. е. представляют синонимы, словом «есть», т. е. они стали говорить, будто по Ньютону масса есть количество вещества в теле, в непосредственно объективном смысле.

Правда, в связи с атомизмом Ньютона у него было гипотетическое представление о материи как совокупности твердых частиц единой первоматерии, количество которых в различных телах природы различно при различной степени их сгущения; но, хотя это помогло Ньютону конкретно наглядно представлять себе ту плотность материи, о которой у него идет речь в определении 1, все же это определение «количество материи» (или массы), по сути дела, независимо от такого представления.

Терминология Ньютона для обозначения понятия «количество вещества (материи)». Термины: масса, материя, запас материи, сфера, величина, корпус. Итак, Ньютон ввел в механику (физику) новый научный термин***) «количество вещества»,

*) Конечно, меры материи бывают различные и их очень много, например, температура, удельная теплота, коэффициент расширения, удельная электропроводимость и т. д. Согласно Ньютону, масса есть специфическая общая мера материи, связанная лишь с пространственными размерами тела и его плотностью.

**) Таковы на русском языке, например, слова ключ, мир, источник.

***) Именно термин, ибо, как мы уже указывали, экстраполяция к разнородным веществам лишила слова «количество вещества» их непосредственно объективного, так сказать, общежитейского смысла.

смысл, которого он разъясняет в определении 1, причем он оговаривает, что «это же количество я там и сям (*passim*) подразумеваю в дальнейшем под названиями „тело или масса“». Именно «там и сям», ибо, как мы сейчас увидим, Ньютон в дальнейшем тексте пользуется в смысле «количество материи», кроме слов «масса» и «тело» (*cörper*), еще рядом других слов (терминов).

Термин «масса» (*massa*) Ньютон на протяжении всей своей огромной работы применяет лишь 7 раз *), а именно: 1) На стр. 25 (перевода Крылова) идет речь об «инерции массы»: Ньютон говорит, что «врожденная сила материи ... отличается от инерции массы ... только возврением на нее». Здесь термин «масса» означает, конечно, материю или тело. Но не далее чем через строчку Ньютон говорит уже об *inertiae materiae* (т. е. инерции материи). Такое применение слова «масса» весьма распространено и в настоящее время. 2) На стр. 243 о том, что абсолютные силы протяжения двух тел относятся как их массы **). 3) На стр. 330 говорится, что количество движения пропорционально скорости и массе. 4) На стр. 517 указано, что силы притяжения Луны и Земли к Солнцу в точности пропорциональны их массам (*eaque massis accurate*). 5) На стр. 525 указано, что «Каково бы ни было образование планет, все вещества более тяжелое, нежели вода, пока вся масса была еще жидкую (*massa tota fluida erat*), стремилось к центру». 6) На стр. 529 сказано, что для точного расчета больших осей орбит планет надо принимать во внимание суммы масс (*massarum*) Солнца и каждой из планет. И, наконец, 7) на стр. 589 указано, что «масса Луны относится к массе Земли, как 1 к 39,788» (что найдено Ньютоном из приливного действия Луны на Землю).

Из этих семи случаев применения Ньютоном термина «масса» в первом и в пятом случаях этот термин применен в смысле просто «тело» или «материя», как это очень часто имеет место и сейчас, вне всякой связи с динамикой; в третьем случае он применен в смысле, говоря по современному, инертной массы (меры инертности), а во втором, четвертом, шестом и седьмом случаях — в смысле (по-современному) тяжелой массы. Таким образом, только 5 раз Ньютон применяет термин «масса» в смысле современной динамики.

Интересно, что в конце «Начал» имеется подробный указатель (*Index Rerum*) на 7 страницах мелкого шрифта, перепечатанный и в латинском издании «Начал» 1871 г. (под редакцией Томсона и Тета). И вот оказывается, что в этом указателе совсем нет слова «massa». А между тем, здесь имеются, например, следующие справочные сведения по поводу термина «количество вещества» (*quantitas materiae*): «*Jovis... quantitas materiae, Luna... quantitas materiae*», т. е. «Юпитера... количество материи, Луны... количество материи». «*Materiae quantitas definitur*», т. е. «материи количество определяется» (значит, справка об определении 1), «*Saturni... densitas, quantitas materiae, Solis... to же самое (т. е. Сатурна... плотность, количество материи, Солнца...)*.

Правда, в этом указателе нет и слова «*cörper*», о котором Ньютон упоминает в разъяснении к определению 1 наравне со словом «massa». Но это объясняется, конечно, тем, что (как это мы выясняем ниже) Ньютон гораздо чаще применяет в «Началах» слово «*cörper*» в простом смысле «тело», чем в смысле определения 1.

Все это еще раз подтверждает то обстоятельство, что Ньютон считал определение 1 определением именно термина «количество вещества»; а его указание о том, что он в дальнейшем под словами «massa» или «*cörper*» подразумевает «*quantitas materiae*», он рассматривал лишь как упоминание о других обозначениях термина «количество вещества», т. е. о синонимах его.

*) На редкость применения Ньютоном термина «massa» Крылов определенно указывает на стр. 243 своего перевода.

**) *Ut massa corporis A ad massam corporis B.* Здесь особенно ясно видно, что термин «*cörper*» не всегда был у Ньютона синонимом термина «количество вещества», а лишь «*passim*» (там и сям).

В крыловском переводе «Начал» термин «масса» встречается около 200 раз, но это обилие объясняется тем, что Крылов модернизировал в этом отношении Ньютона (что он, впрочем, и оговаривает несколько раз в подстрочных примечаниях). Надо, однако, заметить, что Крылов применил в своем переводе термин «масса» не только вместо терминов «количество материи» и «корпус», о которых Ньютон говорит в определении 1. Например, Крылов около 40 раз перевел словом «масса» ньютоновское слово «*corpusculum*», что значит «частица». Слово «*corpus*», применявшееся Ньютоном чаще всего в смысле «тело», Крылов, модернизируя, нередко также переводит словом «масса» (правда, далеко не всегда).

Оказывается, однако (как это видно из сравнения перевода Крылова с латинским текстом «Начал»), что Ньютон в современном динамическом смысле термина «масса» применял еще ряд других терминов, причем некоторые из них применялись им значительно чаще, чем только семь раз примененный Ньютоном термин «масса». Эти другие ньютоновские термины следующие: 1) материя (*materia*) — 36 раз, 2) сфера (*sphaera*) — 9 раз, 3) запас материи (*copia materiae*) — 3 раза, 4) величина (*magnitudo*) — 1 раз, 5) инерция или сила инерции (*vis inertiae* или *vis insita*) — 2 раза.

Здесь у Ньютона не было однообразной терминологии.

Всего у Ньютона получается 8 различных терминов, соответствующих современному понятию массы, причем основной термин определения 1, «количество вещества», применен 51 раз, а другой термин, оговоренный в определении 1 (корпус), чаще 68 раз. Напомним, что, кроме того, слово «*corpus*» очень часто (несколько сот раз) применяется Ньютоном не в современном смысле «массы», а просто в смысле «тело», без всякого отношения к динамике, когда он говорит, например, об орбите тела, или о движении тела, или о теле, встречающем сопротивление среды при движении, и т. д.

Необходимо привести некоторые конкретные примеры применения Ньютоном этих других терминов (в современном смысле термина «масса», как массы инертной или тяжелой).

Термин «*materia*». На стр. 392 мы читаем: «Чем больше сила, чем больше время и чем меньше масса (у Ньютона — *materia*), тем большая будет сообщена скорость. Это следует из второго закона движения». Здесь же мы читаем: «Скорость, которую данная сила может сообщить данной массе (у Ньютона — *in data materia*)... обратно пропорциональна массе (*materia*)». Ясно, что Ньютон здесь под термином «*materia*» имеет в виду современную инертную массу (как и перевел Крылов). На стр. 480 этот термин применен в том же смысле, притом в очень ответственной формулировке закона периода колебания: Ньютон говорит, что «время одного колебания пропорционально квадратному из массы» (у Ньютона — *materia*).

Но у Ньютона этот термин применяется и в современном смысле тяжелой массы, например, на стр. 518 он говорит, что «тяготение ко всем планетам пропорционально *materia* в них» (Крылов перевел здесь — «количество материи»). И тут же имеется любопытная формулировка: «тяготение каждой части относится к тяготению целого, как масса этой части к массе целого» (у Ньютона — *ut materia partis ad materiam totius*)*). На стр. 526 и 527 Ньютон говорит (в связи с действием тяготения) о числовом отношении материи Солнца и планет (*materia Solis ad materiam Jovis*) и т. д. Выше же мы видели, что Ньютон, говоря об отношении тяготеющих масс Земли и Луны, применяет термин «*massa*». Надо заметить, что Ньютон нередко на одной и той же странице применяет в одинаковом смысле несколько различных терминов для обозначения того, что сейчас в физике и механике называют массой. У Ньютона здесь действительно все делается *passim*, попеременно, там и сям; Ньютон здесь писал, как «писалось» (но определенно избегая термина «*massa*»).

*) То есть как материя части к материи целого.

У Ньютона нередко термин *materia* применяется и в смысле «тело» или «вещество», т. е. в буквальном, объективном смысле. Например, на стр. 25 он говорит об инерции вещества, как об *inertia materiae*, но тут же почему-то имеется и выражение *inertia massae* (см. выше). На стр. 454, 455, 458 и 466 Ньютон также говорит об *inertia materiae**); на стр. 267 идет речь о привлечении или отнимании притягивающей материи (*materia*).

Термин *coria materiae*. Он применен Ньютоном всего 3 раза, но 2 раза в очень, можно сказать, ответственном месте «Начал», в знаменитом предложении VI третьей книги, на которое он ссылается в пояснении к определению 1. В пояснении к этому предложению VI идет речь об опытах Ньютона с маятниками, у которых роль колеблющегося тела играли одинаковые кадочки, наполненные разными веществами одинакового веса — как указывает Ньютон — золотом, серебром, свинцом, стеклом, песком, обыкновенной солью, деревом, водой, пшеницей. Эти исторические опыты должны были, по мысли Ньютона, доказать экспериментально важнейший (и для классической и для релятивистской физики) факт пропорциональности веса и массы для случая и однородных тел и (что особенно важно) для разнородных.

И вот тут мы в крыловском переводе читаем (после установления Ньютоном на опыте одинакости времен колебания маятников одинаковой длины, у которых кадочки были заполнены, например, золотом в одном случае и деревом — в другом): «Следовательно, количество вещества (массы) в золоте... относилось к количеству вещества в дереве, как действие движущей силы на все золото к ее действию на все дерево, т. е. как вес одного к весу другого». В ньютоновском оригинале здесь нет термина «количество вещества», нет и слова «масса» в скобках; у него сказано *coria materiae* — в обоих случаях, т. е. запас материи. Ясно, что здесь *coria materiae* означает в современном смысле тяжелую массу.

Третий раз термин *coria materiae* применен Ньютоном на стр. 525, где сказано: «все количество вещества Земли (*coria materiae*) приблизительно в 5 или 6 раз больше того, как если бы оно все состояло из воды». Между прочим, это интересный пример практического применения Ньютоном определения 1, согласно которому количество вещества есть его мера, возникающая из плотности и объема. И здесь Крылов, по смыслу, вполне правильно перевел Ньютона, но... модернизировал. Интересно, что термин *coria* фигурирует в самой последней фразе «Начал», где Ньютон говорит о том, что «нет достаточного запаса (*coria*) опытов» для изучения свойств эфира. Крылов перевел здесь ньютоновский термин *coria* с буквальной точностью.

Термин *vis inertiae* или *vis insita*, в современном смысле инертной массы, Ньютон применяет только два раза: 1) на стр. 55, где сказано, что «при ударе и отражении тел (согрода в латинском тексте), коих скорости обратно пропорциональны массам (*reciproca ut vires inertiae***), равнозначащие», 2) на стр. 420, где речь идет о сопротивлении, пропорциональном *vis insita**** (у Крылова — массе). Эту замену терминов Крылов, впрочем, тут же, в подстрочном примечании на стр. 420, оговаривает. Интересно, что Эйлер также нередко вместо термина «масса» применял термин «инерция» или «сила инерции».

Термин «срæаега» (сфера или шар) в современном смысле массы применен Ньютоном 9 раз (чаще, значит, чем термин «massa»). На стр. 249 Ньютон говорит о том, что силы притяжения однородных шаров «пропорциональны объемам этих шаров» (у Ньютона — *ut sphaerae*). На стр. 251 идет речь о том, что «силы притяжения каждым отдельным шаром... пропорциональны массам притягивающих шаров» (в латинском тексте — *ut sphaerae*).

*) Материи или вещества, как переведено у Крылова.

**) То есть обратно силам инерции.

***) То есть внутренней силе, за которую Ньютон считал силу инерции, в отличие от внешней, приложенной к телу силы.

Термин *sphaera* Ньютона применяет и в особенно ответственном предложении LXXVI (книга 1), где приведена знаменитая формулировка закона всемирного тяготения. Крылов в переводе текста этой формулировки, в нескольких ньютоновских частных случаях и в общем случае применяет всюду термин «масса»; у Ньютона же здесь применен термин *sphaera* (стр. 251), и всюду здесь речь идет о притяжении шаров, что особенно важно для астрономии. А ведь последняя была в центре внимания в «Началах».

Необходимо заметить, что такой «геометрический» подход к притяжению шаров у Ньютона получился потому, что Ньютон не интересуется здесь величиной силы притяжения, а лишь зависимостью ее от расстояния; для Ньютона здесь важно, чтобы эти шары были однородны по плотности. В то же время это также интересный пример применения определения 1 для случая одинаковой плотности, когда, стало быть, роль играет только объем.

Термин *magnitudo* (величина) применен Ньютоном (в современном смысле массы) один раз (на стр. 236). У Крылова здесь говорится об изменении «масс тел» и о влиянии этого изменения на отклонения в движении других тел; а Ньютон в латинском тексте говорит об изменении согроти *magnitudine*, ибо его здесь интересуют лишь изменения размеров тел при любой заданной плотности.

Надо думать, что сам Ньютон не считал слова *copia materiae, sphaera* и *magnitudo* эквивалентными термину *quantitas materiae*, и потому он не упоминает о них, как синонимах термина «количество материи», в пояснении к определению 1 (в отличие от слов «масса» и «тело» (*corpus*)).

Термин *quantitas materiae* применен Ньютоном в современном смысле массы как меры инертности, например, на стр. 24 или 29, когда Ньютон говорит, что количество движения происходит от *quantitas materiae* и скорости, или, что движущая сила пропорциональна ускорительной силе и *quantitas materiae* (что сейчас выражают уравнением $f = ma$). В таком же смысле Ньютон говорит на стр. 466, что «инерция вещества существенна для тел и всегда пропорциональна количеству вещества» (в данном случае Крылов совершенно точно перевел термин *quantitas materiae*).

Но нередко Ньютон говорит *quantitas materiae* и в смысле современной тяжелой массы. Мы пользуемся случаем, чтобы отметить, что сам Ньютон никогда не заявлял непосредственно, что он различает тяжелую и инертную массы (или *quantitas materiae*, или *copias* и т. д.). Здесь у нас идет речь о том, что имело место у Ньютона по существу дела, с современной точки зрения, различающей тяжелую и инертную массы, а затем приравнивающей их. У Ньютона это различие не было явно выражено им; он просто говорил о *quantitas materiae*, или *copias* и т. д. согласно определению 1 и применял эти термины в соответствующих различных случаях, фактически различая то, что сейчас называют тяжелой и инертной массами, хотя этих терминов у самого Ньютона не было.

В случае сравнения однородных тел термин «количество материи» означает количество данной материи и в непосредственно объективном смысле. Это верно и для случая того примера, который Ньютон приводит в пояснении к определению 1 для иллюстрации того, что количество материи определяется из объема и плотности, а именно, что «воздуха двойной плотности в двойном объеме вчетверо больше, в тройном — вшестеро». Здесь идет речь о количестве воздуха, т. е. количестве данной материи в непосредственно объективном смысле, без упоминания о конкретных единицах для измерения этого количества, в чем нет в данном случае никакой нужды. И сейчас часто говорят о количестве определенного вещества именно так.

Конечно, Ньютон не выдумал произвольно этого термина. В человеческом обществе, задолго до Ньютона, в торговле и технике часто занимались (как и сейчас этим занимаются) оценкой количества данного вещества

и говорили об этом количестве вещества, принимали его во внимание при товарообмене в промышленности, в сельском хозяйстве, в технической работе.

Ньютон впервые ввел оценку количества вещества или массы различных тел одновременно и по их объему и по их плотности, как он об этом говорит в определении 1. На практике же, как сам Ньютон указывает в конце разъяснения к определению 1, он сохранил суждение о количестве вещества в теле по его весу, но с тем принципиально важным отличием, что в его глазах количество вещества (или масса) было только пропорционально весу, но не тождественно ему*).

При применение Ньютоном термина «*corpus*» объясняется тем, что всякое количество частичек вещества образует то или иное тело (*corpus*). Поэтому Ньютон применяет термин «*corpus*» и в смысле инертной массы и в смысле тяжелой массы, так же как и термин «*quantitas materiae*».

Так, на стр. 223 идет речь о том, что «движущие силы..., пропорциональные массам тел, ... заставляют оба тела... одинаково перемещаться». Ньютон не применяет здесь термина «масса» и говорит здесь (в латинском тексте) о движущих силах, которые *sunt ut corpora*, т. е. относятся как тела, и которые заставляют *согрода*, и т. д. Заслуживает внимания, что здесь в первый раз слово «*corpus*» означает инертную массу, а во второй раз — просто тело. На стр. 516 имеется замечательное указание Ньютона о том, что «силы, которыми неравные массы (*согрода*) ускоряются одинаково, пропорциональны массам (*sunt ut corpora*), т. е. тяготение пропорционально массам планет» (притягиваемых Солнцем. — В. Ф.). У Ньютона в латинском тексте сказано: *quantitas materiae* планет. Придерживаясь точного текста Ньютона, здесь следовало бы дать такой перевод; «силы, которыми неравные тела ускоряются одинаково, пропорциональны телам, т. е. тяготение пропорционально количествам вещества планет».

Вместе с тем на стр. 29 Ньютон пишет, что «движущая сила тяжести», или вес, пропорциональна массе тела» (в латинском тексте сказано: *ut corpus*). На стр. 519 сказано: «тяготение к этим телам, будучи во столько же раз меньше тяготения к Земле, во сколько раз масса тела меньше массы всей Земли (у Ньютона в латинском тексте: *ut sunt haec согрода ad Terram totam*, т. е. «как эти тела относятся ко всей земле»), окажется гораздо меньше такого, которое могло бы быть ощущаемо**). Здесь Ньютон дает замечательное объяснение того, почему, несмотря на всеобщность тяготения, мы не ощущаем тяготения нашего тела к различным отдельным земным телам, наличие которого было впоследствии показано в знаменитых опытах Кавендиша, Маскелина и других. Чаще всего, однако, Ньютон применяет термин «*corpus*» в смысле инертной массы.

Приведем еще один, особенно яркий пример смешанной, так сказать, терминологии у Ньютона, когда на протяжении буквально одной страницы и даже немногих строк Ньютон пользуется рядом различных терминов вместо термина «количество вещества». На стр. 517, где излагаются пояснение к предложению VI в третьей книге и следствия из него, Ньютон 8 раз применяет термин *quantitas materiae*, один раз — термин *massa*, два раза — термин *materia*. Кроме того, в других местах того же пояснения к предложению VI Ньютон еще применяет термин *corpus* — 3 раза и термин *сорia materiae* — 2 раза. Крылов здесь при переводе почти всюду применил слово *масса*, что, по смыслу, конечно, правильно, но опять-таки скрывает от современного русского читателя стиль и терминологию Ньютона.

То, что столь редко применявшийся самим Ньютоном термин *massa* в конечном итоге вытеснил все остальные термины, применявшиеся Ньютоном

*) Сам Ньютон говорит об этом на стр. 63 «Начал».

**) Крылов перевел здесь ньютоновский текст, точно придерживаясь ньютоновского пояснения термина «*corpus*» в определении 1.

в том же смысле, что и термин *massa*, объяснимо следующими причинами. Во-первых, слово масса, так сказать, интернациональное. На многих современных языках в общежитии говорят о «массе», когда имеют в виду большое множество. Между тем, такие термины, как «*quantitas materiae*», «*sorpus*» *), специфично латинские. Когда стали развиваться самобытные, свои национальные культуры, научные деятели разных стран стали писать свои труды на родных, национальных языках (вместо латинского); но в то же время необходима была интернациональная научная связь, что вытекает уже из самой сущности науки. Это и привело к тому, что постепенно упрочилось применение термина *massa*, как интернационального научного термина, обозначавшего меру того, что стихийно-материалистически является основным для естествознания, — меру материи, как ее назвал Ньютон. Во-вторых, слово «*massa*» проще, чем «*quantitas materiae*», и в смысле произношения и в смысле печатания, а эта простота играет свою роль (которую нельзя игнорировать) в развитии научной терминологии и научной символики **). В-третьих, пользовавшийся большим влиянием в научном мире младший современник Ньютона И. Бернулли (1667—1748) так же, как и впоследствии Эйлер, чаще всего пользовались термином *massa*. В-четвертых, термин «количество материи» был вытеснен термином «*massa*», как нам кажется, еще потому, что физики стихийно чувствовали неприемлемость (в непосредственно объективном смысле) первого термина для случая разнородных тел.

Отношение современных физиков к приписываемому и Ньютону определению массы как количества вещества (материи). Те из них, которые по различным соображениям считают недопустимым определять массу как количество вещества, занимаются тем, что «исправляют» Ньютона, т. е. доказывают, что Ньютон в этом вопросе допустил серьезную ошибку. Те же из современных ученых, которые сочувствуют такому определению массы и его отстаивают, опираются на высокий авторитет Ньютона для подтверждения правильности их позиции в этом вопросе.

Но и те и другие, не сознавая этого, возводят, так сказать, напраслину на Ньютона, приписывают ему такое определение массы, какого он никогда не давал и не мог, говоря принципиально, дать, ибо Ньютон очень ясно понимал, что определять массу как количество вещества для случая разнородных тел невозможно. Таким образом, современные физики тем, что они приписывают Ньютону определение массы как количества вещества, искажают подлинное ньютоновское учение о массе и проявляют недооценку в этом отношении великого творчества Ньютона. В этом смысле хочется воскликнуть: «назад к Ньютону», к подлинному Ньютону, к подлинному его определению массы.

*) Правда, термин «корпус» и сейчас применяют иногда в смысле «коллектив»: например, корпус армии, дипломатический корпус.

**) Вспомнить хотя бы введение в алгебре коэффициента или показателя степени.

Успехи физических наук, том LXI, вып. 3.

Редакторы Г. В. Розенберг и В. А. Угаров.

Техн. редактор С. С. Гаврилов

Корректор И. С. Цветкова.

Сдано в набор 28/1 1957 г.
Физ. печ. л. 9,25.
T-03724.

Подписано к печати 13/IV 1957 г.
Услов. печ. л. 12,67.
Цена 12 руб.

Бумага 70 × 108^{1/16}.
Уч.-изд. л. 12,32.
Тираж 4760 экз.
Заказ № 1206.

Государственное издательство технико-теоретической литературы.
Москва, В-71, Б. Калужская, 15.

Министерство культуры СССР. Главное управление полиграфической промышленности.
13-я типография. Москва, Гардиевский пер., 1а.