

# Декартовы правила движения тел под влиянием удара

А. И. ЩЕТНИКОВ

О декартовых правилах движения тел под влиянием удара имеется обширная литература (см. [1], [2]). Несогласованность этих правил с фундаментальными постулатами механики была установлена Г. В. ЛЕЙБНИЦЕМ, исходившим в *Замечаниях к общей части Декартовых «Начал»* [5, с. 165–219] из принципа непрерывности, и Х. ГЮЙГЕНСОМ, опиравшимся в трактате *О движении тел под влиянием удара* [3, с. 211–246] на требование галилеевской инвариантности законов механики и на принцип невозможности *perpetuum mobile*. В настоящей статье предпринята попытка понять, из каких невысказанных допущений исходил ДЕКАРТ, когда он формулировал в *Первоначалах философии* свои правила и считал их ясными и отчетливыми.

В физике ДЕКАРТА всякое взаимодействие между телами является контактным близкодействием. Поэтому правила, позволяющие предсказывать по известным движениям тел до удара их движения после удара, составляют её расчетное ядро. Конкретное описание законов движения тел при ударе опирается на сформулированный ДЕКАРТОМ принцип сохранения скалярного количества движения:

Мы должны полагать, что когда одна частица материи движется вдвое быстрее другой, а эта последняя по величине вдвое больше первой, то в меньшей столько же движения, сколько и в большей, и что, насколько движение одной частицы уменьшается, настолько же движение какой-либо иной возрастает [4, с. 367].

Этот принцип сам по себе не задает однозначности расчетного результата. Дополняющий его принцип формулируется ДЕКАРТОМ так:

Если движущееся тело при столкновении с другим телом обладает для продолжения движения по прямой меньшей силой, чем второе тело — для сопротивления первому, то оно теряет направление, не утрачивая ничего в своем движении; если же оно имеет большую силу, то движет это второе тело и теряет в своем движении столько, сколько сообщает второму телу [4, с. 371].

Данная формулировка предполагает ролевое неравенство сталкивающихся тел. В самом деле, если бы исходного разделения ролей не было, то первая часть закона противоречила бы второй, поскольку было бы неясным, какое тело следовало бы считать первым, а какое вторым.

Но откуда появляется сама идея ролевого неравенства? Наше предположение состоит в том, что ДЕКАРТ *мыслил удар по образцу и подобию фехтовальной дуэли*. Удар оказывается своего рода поединком двух тел, в котором победу одерживает тело, обладающее большим упорством. При этом правила поединка предполагают, что одно тело играет в нем роль бросающего вызов, а другое — роль принимающего вызов.

Если бросающее вызов тело обладает большим упорством, оно сносит своего противника, и оба тела движутся после удара совместным движением со скоростью, вычисляемой на основании принципа сохранения скалярного количества движения; если бросающее вызов тело терпит поражение по причине его недостаточного упорства, оно отправляется восвояси со своей первоначальной скоростью, а его противник продолжает невозмутимо пребывать в своем первоначальном состоянии.

В соответствии с возможной начальной диспозицией участников столкновения Декарт выделяет три разновидности столкновений-поединков:

- Оба тела устремляются друг другу навстречу. Здесь бросающим вызов считается тело, движущееся с большей скоростью. Приносящее победу большее упорство принадлежит телу, обладающему большим количеством движения. Если же скорости обоих тел одинаковы, то бросающим вызов считается большее тело; оно и одерживает победу.

- Тело, бросающее вызов, догоняет другое тело, организованно отступающее. Роли здесь распределены согласно самой структуре ситуации. Победу в этом поединке опять-таки одерживает тело, обладающее большим количеством движения.

- Принимающее вызов тело стоит на месте в полной боевой готовности, а бросающее вызов тело налетает на него. Большим упорством в данном случае обладает большее тело, оно и одерживает победу.<sup>1</sup>

Во всех трех разновидностях поединков возможны случаи равного упорства, приводящие к ничейному исходу, — и эти случаи надлежит рассматривать отдельно.

Данному перечню соответствуют семь выдвинутых ДЕКАРТОМ правил (см. [4, с. 374–377]). Суть этих правил может быть кратко изложена следующим образом:

**Правило 1.** Если два равновеликих тела до удара двигались одно навстречу другому с равными скоростями, то после удара тела будут двигаться с начальными скоростями, но в обратных направлениях.

**Правило 2.** Если скорости встречного движения двух неравновеликих тел одинаковы, то после удара тела будут двигаться совместно в направлении первоначального движения большего тела с той же самой скоростью.

**Правило 3.** Если тела равновелики, но скорости их встречного движения различны, то после удара они будут двигаться совместно в направлении более быстрого тела со скоростью, равной средней арифметической начальных скоростей.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> В письме к КЛЕРСЕЛЬЕ от 17.02.1645 ДЕКАРТ писал следующее: «Основание, которое заставляет меня утверждать, что тело без движения никогда не может быть приведено в движение другим телом, меньшим, чем оно, с какой бы скоростью это меньшее не двигалось, заключается в том, что таков закон природы: тело, приводящее в движение другое тело, должно иметь больше силы его двигать, чем это последнее ему сопротивляться. Но этот перевес может зависеть лишь от величины тела, ибо тело без движения имеет столько градусов сопротивления, сколько другое тело имеет градусов скорости. Причина заключается в том, что если такое тело, находящееся в покое, приводится в движение телом, обладающим вдвое большей скоростью, чем прежде, оно должно получить вдвое больше движения, а такому вдвое большему количеству оно сопротивляется вдвое больше» [2, с. 203].

**Правило 4.** Если большее тело до удара покоится, то оно будет покоиться и после удара, — а меньшее отразится обратно с начальной скоростью.

**Правило 5.** Если меньшее тело до удара покоится, то после удара оба тела будут двигаться совместно со скоростью, равной такой же доле первоначальной скорости большего тела, какую долю составляет это тело от совокупной величины обоих тел.

**Правило 6.** Если одно из двух равных тел до удара покоится, то ему будет передана  $1/4$  начальной скорости второго тела, а само это тело устремится назад с  $3/4$  скорости.<sup>3</sup>

**Правило 7.** Если одно тело догоняет другое, следует рассмотреть три возможных случая:

(а) если догоняющее тело обладает большим количеством движения, оба тела после столкновения будут двигаться вперед совместным движением с соответствующей скоростью;

(б) если догоняющее тело содержит меньшее количество движения (хотя и имеет большую скорость), оно развернется назад со своей первоначальной скоростью;

(в) если количества движения обоих тел равны, нужен перерасчет в духе правила 6.

Общим методологическим принципом Декарта является требование ясности и отчетливости. Декарт уверял своих читателей в том, что этот принцип выдержан в полной мере и в его правилах столкновения тел. Но его уверенность в том, что сталкивающиеся тела *a priori* обязаны подчиняться регламенту мушкетерских поединков, является примером чисто субъективной предвзятости. Преодоление круга субъективности в учении о ударе было осуществлено ГЮЙГЕНСОМ и ЛЕЙБНИЦЕМ, объективировавшими картезианское требование ясности и отчетливости представлений за счет его перевода в план онтологического конструирования.

## Литература

1. БЛЭКУЭЛЛ Дж. Законы движения Декарта. В кн.: *Физика на рубеже XVII-XVIII вв.*, М., Наука, 1974, с. 9–30.
2. ГРИГОРЬЯН А. Т., ЗУБОВ В. П. *Очерки развития основных понятий механики*. М., Изд. АН СССР, 1962.
3. ГЮЙГЕНС Х. *Три трактата по механике*. М., Изд. АН СССР, 1951.
4. ДЕКАРТ Р. *Сочинения*. В 2 т. Т. 1, М., Мысль, 1989.
5. ЛЕЙБНИЦ Г. В. *Сочинения* В 4 т. Т. 3, М., Мысль, 1984.

---

<sup>2</sup> Ситуацию встречного движения неравных тел с неравными скоростями ДЕКАРТ не рассматривал. Удивительно, что человек, считавший упорядоченное рассмотрение всех возможных случаев необходимым правилом рационального познания, не заметил в данном случае собственной оплошности.

<sup>3</sup> Рассматриваются два *виртуальных* варианта передачи движения от движущегося тела к неподвижному, соответствующие 4-му и 5-му правилам, а затем берётся нечто среднее между ними, поскольку «причин для возврата не больше, чем для сообщения толчка» [4, с. 376]. Это рассуждение носит явно выраженный оттенок судебной тяжбы между двумя возможными вариантами.