

Г. Кориолис

**Математическая теория
явлений бильярдной игры**

**Серия "Классики
естествознания"**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 50
ББК 22
Г11

Г11 **Г. Кориолис**
Математическая теория явлений бильярдной игры: Серия "Классики естествознания" / Г. Кориолис – М.: Книга по Требованию, 2013. – 236 с.

ISBN 978-5-458-50374-7

В предлагаемой читателю книге, написанной известным французским математиком и механиком Г. Кориолисом, исследуется одна из интереснейших задач динамики твердого тела - задача о движении шара на плоскости при всевозможных начальных условиях, при ударах различной силы, нанесенных кием в различные точки шара и в различных направлениях. Книга состоит из двух разделов. В первом дается изложение основ теории и построений, объясняющих движение шаров. Во втором излагаются правила и построения, получающиеся из этой теории. Аналитические решения Кориолиса очень остроумны, изящны и сравнительно элементарны. Они вполне доступны читателю, знакомому с динамикой твердого тела в объеме курса немеханических специальностей вузов. Книга будет интересна научным работникам, преподавателям, аспирантам и студентам физико-математических факультетов.

ISBN 978-5-458-50374-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Имя Гаспара Кориолиса (1792—1843) широко известно. «Поворотное ускорение Кориолиса», «кориолисовы силы инерции» знакомы каждому, изучавшему теоретическую механику. Кориолис является одним из основателей прикладной механики. Он ввел в науку столь важное понятие, как «механическая работа». Он известен исследованиями в области гидравлики, по теории локомотива и т. п. Деятельность Кориолиса оставила глубокий след в науке и технике. Между тем о жизни этого замечательного ученого имеются лишь самые скудные сведения.

Гаспар Густав Кориолис родился в 1792 году в Париже. Обучался Гаспар в лицее в Нанси. В 1808 году он был принят в Политехническую школу, которую успешно закончил в 1812 году со званием инженера путей сообщения.

В 1817 году Кориолис поступил в Политехническую школу на должность преподавателя механики. Позднее он стал в этой школе экзаминатором, профессором, директором. Курсом анализа и механики в Политехнической школе с 1816 года руководил Коши (1789—1857). Однако направление деятельности Кориолиса коренным образом отличается от значительно более абстрактных исследований Коши. Коши пытался подчинить математическому анализу все отделы физики (за исключением разве только электричества и магнетизма), обращая внимание главным образом на математическую, но не на физическую сторону вопросов. Кориолис, напротив, явился одним из творцов технической механики. Вместе с Жаном Понселе (1788—1867) он развил идеи Лазаря Карно (1753—1823), Гаспара

Монжа (1746—1818) и отчасти Луи Навье (1785—1836) относительно механической работы и впервые ввел в науку этот термин, притом в точном, современном нам смысле. Это большое принципиальное достижение в науке было принято не сразу и оценено по достоинству лишь значительно позже. Понятие «механическая работа», имевшее впоследствии решающее значение для развития механической теории тепла, установления закона сохранения энергии, было введено Кориолисом в 1829 году в знаменитом сочинении «Курс механики твердых тел и расчеты мощности машин». Курс Кориолиса коренным образом отличался от господствовавшего тогда курса «Аналитической механики» Лагранжа (1736—1813): в противовес Лагранжу Кориолис стремился изучить и обобщить действие сил в машинах, с учетом всех обстоятельств, в том числе и трения.

В 1831 году Кориолис опубликовал свою самую замечательную работу «Исследование о приложении принципа живых сил в относительных движениях системы тел», в которой ввел понятие о силах инерции в относительном движении, развитое им более подробно в книге «Трактат о механике твердых тел», опубликованной в 1844 году после смерти Кориолиса. В этих работах была дана знаменитая теорема, позднее получившая название теоремы Кориолиса. Теорема Кориолиса доказывает, что в сложном движении (если переносное движение не поступательное) появляются «добавочные силы инерции», зависящие от относительной скорости, от угловой скорости переносного вращения и от синуса угла между векторами этих скоростей. Теорема Кориолиса является основной в механике относительного движения и имеет огромное значение для различных отраслей науки и, в частности, при расчете машин и механизмов.

В 1836 году Кориолис был избран членом Института (академиком Парижской академии наук).

За год до этого он опубликовал книгу «Математическая теория явлений бильярдной игры», о которой впоследствии он не раз говорил, что она является его самым любимым произведением. К изучению бильярда Кориолис

подошел как исследователь и механик, на примерах этой игры он впервые поставил задачу о движении шаров по шероховатой плоскости и дал остроумные и изящные аналитические и графические решения; однако он, повидимому, недооценивал большого значения своего труда с более широкой точки зрения.

В самом деле, задача о движении шара по плоскости является одной из интереснейших задач динамики твердого тела, привлекавшей внимание многих ученых. Еще в 1758 году И. А. Эйлер (сын Леонарда Эйлера) опубликовал на эту тему интересную работу. Тем же вопросом с несколько другой точки зрения интересовался Пуассон (1781—1840) и многие другие. Если шар движется без скольжения, то на шар налагается кинематическая связь, выражающаяся в том, что скорость точки касания равна нулю. От внимания творца аналитической механики Лагранжа ускользнул тот важный факт, что связи, налагаемые на систему, могут состоять в ограничении не только положения системы, но и скоростей ее точек, то есть связи могут выражаться не только конечными, но и дифференциальными соотношениями между координатами системы, причем соотношениями не интегрируемыми, не сводящимися к конечным. Впервые это обстоятельство отметил М. В. Остроградский (1801—1861). Он же первый вывел уравнения движения таких систем, но в форме, недостаточно удобной для практических применений.

Исключительный интерес имеют исследования С. А. Чаплыгина (1869—1942). В работе «О движении тяжелого тела вращения на горизонтальной плоскости» (1897) он вывел уравнения, названные несколько позже его именем. Задача о катании без скольжения тела вращения по плоскости была доведена С. А. Чаплыгиным до квадратур. Он получил более общие результаты, чем это удалось многим другим ученым, занимавшимся той же задачей. В другой работе «О катании шара по горизонтальной плоскости» он решил задачу о катании без скольжения неоднородного шара по плоскости при любом эллипсоиде инерции шара. Несколько дальше от темы книги Кориолиса стоят работы С. А. Чаплыгина: «О некотором

возможном обобщении теоремы площадей с применением к задаче о катании шаров» и «К теории движения негомономных систем», в которых рассмотрены некоторые частные случаи движения шара.

Исследования Кориолиса относятся к движению однородного шара, но он не ограничивается лишь катанием, а исследует движение шара при всевозможных начальных условиях, при ударах различной силы, нанесенных в различные точки шара и в различных направлениях. Кроме того, он исследует движение шара после соударения с другим шаром, после удара о борт и т. п. Аналитические решения Кориолиса очень остроумны, изящны и сравнительно элементарны. Они вполне доступны читателю, знакомому с динамикой твердого тела в объеме курса немеханических специальностей вузов.

Книга Кориолиса ценна еще и тем, что в ней широко применяются графические методы расчета. Работа Кориолиса была выполнена значительно ранее, чем появились в науке различные графические способы исследования движения, ставшие теперь обычными в механике и едва ли не доминирующими при исследовании механизмов. Внимательный читатель встретит в этой работе Кориолиса различные приемы графического анализа движения, в которых он узнает предшественников современных нам методов, например метода плана скоростей.

Выпуская эту книгу на русском языке, мы имели целью ознакомить советского читателя с весьма оригинальным произведением Кориолиса, представляющим определенный теоретический интерес и в настоящее время.

И. Н. Веселовский
М. М. Гернет

Г. КОРИОЛИС



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ
ЯВЛЕНИЙ
БИЛЬЯРДНОЙ ИГРЫ



ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

В связи с бильярдной игрой в ее современном развитии благодаря применению киев, которые могут сообщить шарам достаточно сильное вращательное движение, возникают различные динамические задачи, решение которых содержится в этом произведении. Я думаю, что люди, знающие теоретическую механику, вроде учеников Политехнической школы, с интересом познакомятся с объяснениями всех оригинальных явлений, которые можно наблюдать во время движения бильярдных шаров.

После того как я наблюдал эти явления в игре знаменитого игрока Менго¹⁾, я постарался дать для них математический расчет. В то время (уже довольно давно) я получил результаты, которые изложены в первой и в

¹⁾ Менго (Mingaut) — известный французский бильярдист, основатель современной школы игры на бильярде, автор книги «Noble jeu de billard» (Брюссель, 1828), переведенной на русский язык под названием «Теория бильярдной игры» (СПб., 1847.)

В 1827 году Менго предложил кии с кожаной наклейкой на конце (*queue à prosédé*), которые вытеснили кии без наконечников (*queue sèche*), а также и кии с концом, покрытым гипсом (*queue machée*), предложенные майором Дуга (Dougat), сменившим после падения Наполеона шпагу на кий и стяжавшим себе на бильярде не меньшую славу, чем на полях сражения.

Кии Менго, не превзойденные и до наших дней, позволили вследствие значительного трения кожи сообщить ударяемому («своему») шару вращение вокруг любой оси, что значительно усовершенствовало бильярд. Многие явления бильярдной игры, рассмотренные Кориолисом в его книге, возможны только после удара шара кием Менго с кожаной наклейкой. (Прим. перев.)

восьмой главах этого произведения. После этого я дополнительно рассмотрел вопросы, относящиеся специально к удару шаров при наличии трения.

Я очень обязан г. Менго, во время игры которого я мог удостовериться, что формулы и получающиеся из них геометрические построения дают результаты, согласные с опытом.

Один из руководителей Политехнической школы г. де Толозе (de Tholozé) обратил мое внимание на некоторые сложные удары, которые я мог объяснить при помощи моей теории; так он показал мне явление, к которому относятся построения фигур 57 и 66, содержащиеся в этом труде.

Г. Пуассон (Poisson) в новом издании своего курса механики рассмотрел действие трения на прямолинейно движущийся шар; эта задача представляет частный случай той, которую приходится решать в теории бильярдной игры. Сын знаменитого Эйлера изучал движение шара на плоскости, учитывая только трение скольжения. Его мемуар, с которым я ознакомился уже по окончании моего труда, находится в сборнике трудов Берлинской академии за 1758 год. Здесь общим с моим трудом является только одно положение, которое я даю в первой главе в более простом виде; оно заключается в том, что линия, описываемая центром шара, является параболой, если на шар действует лишь сила трения скольжения. Вышеупомянутый математик не дал теории, которая бы объясняла, хотя бы с учетом обоих видов трения, движение шара, когда под конец шар начинает катиться. Что же касается действия трения при ударе шаров друг о друга и о борт, а также всего относящегося к удару шара наклонным кием, то я не думаю, чтобы до сего времени кто-либо занимался этими вопросами.

Я думал, что некоторые люди, которые не захотят вникать в подробности доказательств и вместе с тем обладают достаточными математическими познаниями, чтобы понимать язык этой науки и основные ее обозначения, будут рады найти отдельное изложение правил и построений, получающихся из теории, почему я и

поместил его в начале книги¹⁾. Что касается читателей, которые хотели бы скорее рассмотреть эти вопросы с математической точки зрения, то они могут пропустить это изложение, так как в дальнейшем оно воспроизводится в книге с доказательствами. Однако к этому изложению нужно обратиться при рассмотрении фигур 29—67, объяснение к которым находится на стр. 170—234.

(Париж, 1835)

¹⁾ В нашем переводе это «отдельное изложение правил и построений» помещено в конце книги. (*Прим. перев.*)



