Глава XI

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О НЬЮТОНОВОМ ПРИТЯЖЕНИИ

§ 1. Общие соображения

1. В дальнейшем, при изучении динамики, мы увидим, какие индуктивные соображения (основанные на законах Кеплера и на основном уравнении механики, связывающем массу, ускорение и силу) привели Ньютона к формулировке его знаменитого *закона всемирного тяготения*. Этот закон получил удивительные приложения к объяснению и предвидению разнообразных астрономических и земных явлений. Не касаясь здесь вопроса о происхождении закона Ньютона и его конкретных приложений, мы обратимся сейчас к выяснению природы сил, определяемых этим законом.

Изучение этих сил является настолько важным (не только для механики, но также и для других областей математической физики), что оно вылилось в создание особой дисциплины, так называемой теории потенциала.

Мы ограничимся здесь изложением лишь первоначальных сведений по этой теории.

2. Пусть P и Q — две материальные точки с массами соответственно m и m_1, расположенные на расстоянии r друг от друга. Они притягивают друг друга (*закон всемирного тяготения*) с силами, прямо пропорциональными произведению их масс и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними. Таким образом, каждая из двух масс действует на другую с силой притяжения, равной по величине

$$f\frac{mm_1}{r^2},$$

где множитель пропорциональности f является универсальной постоянной, одинаковой для любых пар материальных точек (принадлежат ли они земным телам или входят в состав каких угодно других небесных тел). Коэффициент f называется *постоянной всемирного тяготения* или постоянной Гаусса. Эта постоянная, очевидно, может быть истолкована (если положить $m = m_1 = r = 1$) как сила, с которой притягиваются две единичные массы, расположенные на расстоянии, равном единице. По размерности она, однако, не однородна с силой. Действительно, так как величина fmm_1/r^2 имеет размерность силы ($lt^{-2}m$), то размерность f определится равенством

$$[f]=l^3t^{-2}m^{-1}.$$

3. Первое определение постоянной f путем прямого лабораторного опыта было сделано Кэвендишем (1797)[1]. Впоследствии для определения f были применены другие, более точные способы. Все они дают для f численное значение (в круглых цифрах) $6{,}7\cdot10^{-8}$ (в системе CGS), т. е. 67 миллиардных долей дины, равное $6{,}7\cdot10^{-8}/980$ *г*, или около $6{,}7\cdot10^{-11}$ *г*[2]).

Ввиду крайней малости этого числа притяжение $f\frac{mm_1}{r^2}$ двух масс может стать ощутимым только тогда, когда будет очень большим произведение mm_1 или же очень малым знаменатель r^2. Первый случай имеет существенное значение для астрономии, второй встречается в молекулярных явлениях (которые, впрочем, в отличие от астрономических явлений нельзя рассматривать, пользуясь только законом всемирного тяготения, так как необходимо учитывать и многие другие элементы). При значениях m, m_1 и r, встречающихся в обычных практических задачах, можно, очевидно, не принимать во внимание влияние взаимного притяжения. Это, конечно, будет справедливо до тех пор, пока обе массы будут иметь величину обычных предметов; но этого нельзя делать, когда одна из них представляет собой массу Земли. В этом случае, напротив, необходимо учитывать ньютоново притяжение Земли: оно, как это будет разъяснено в дальнейшем (гл. XVI), определяет, хотя и не вполне, но в существенной части, вес тела.

§ 2. Потенциал

4. Если даны две материальные точки P и Q, то по закону Ньютона они испытывают равные и прямо противоположные притяжения. Очень часто приходится рассматривать только одно из них, например, притяжение, испытываемое точкой P. Тогда обнаруживается различная роль, приписываемая обеим точкам Q и P. Мы будем называть Q *притягивающей точкой* (или притягивающей массой) и P — *притягиваемой точкой*.

---

[1]) Кэвендиш Генри родился в Ницце в 1731 г., умер в Лондоне в 1810 г. Был членом Лондонского королевского общества и членом Французской академии наук.

Доклад о его опытах над притяжением тел был опубликован под названием «Experiments to determine the density of the Earth» (Philosophical Transactions, 1798).

[2]) Новейшие определения указывают для f численное значение $6{,}664\cdot10^{-8}$. См., например, доклад: P. R. Heyl, Proc. of the National Academy of Sciences, т. 13, Вашингтон, 1927.