КЛАССИЧЕСКИЕ РАБОТЫ. СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Письмо Дж. Максвелла У. Томсону от 6 октября 1868 г.

Ардхаллоу
Дунун
6 октября 1868 г.

Дорогой Томсон,

Благодарю Вас за билет¹, который я получил вчера, а также за первые шесть страниц Вашей статьи о вихревом движении², ее начало выглядит, по-моему, вполне доступно.

В рукописи я заметил несколько досадных опечаток, но склонен полагать, что Вы уже исправили их, поскольку возле них стоят пометки.

В сносках Вы выдвигаете гипотезу относительно массы в 20.5×10^6 граммов, а это, как я полагаю, та самая масса, которую упоминает мистер Крам³ в Вестерн-Клабе, и также отмечаете, что если бы погода благоприятствовала (как 26 сентября), то Вы могли бы навестить нас; миссис Макканн⁴ передает, что Вы желанный гость в нашем доме, а комната, где Вы останавливались в прошлый раз, всегда в Вашем распоряжении.

Отсюда мы уезжаем тринадцатого, но надеюсь увидеться с Вами в четверг в Глазго <...>.

То, что Вы говорите об однородном силовом поле, доказывает лишь, что силовые линии являются прямыми, но ничего не говорит об их параллельности. Чтобы доказать, что они параллельны, нужно показать, что трубка, образованная линейчатой поверхностью⁵ (свит-

Переводится по изданию *The Scientific Letters and Papers of James Clerk Maxwell. Vol. II. 1862–1873.* Edited by P. M. Harman. Cambridge University Press, Cambridge, 1990, pp. 446–448 (Letter 307). Оригинал письма хранится в библиотеке Университета Глазго (архив Кельвина, М 26).
Перевод под редакцией С. М. Рамоданова.

¹Речь идет о приглашении на церемонию торжественной закладки фундамента нового здания Университета Глазго.

²William Thomson. On vortex motion. *Trans. Roy. Soc. Edinb.*, 1869, vol. 25, pp. 217–60 (= *Math. & Phys. Papers*, vol. 4, pp. 13–66).

³Александр Крам Браун (1838–1922) — известный шотландский химик, родственник У. Томсона. — *Прим. ред.*

⁴Близкая родственница Максвелла.

⁵Поверхность, образуемая перемещающейся в пространстве прямой линией. — *Прим. ред.*

ком), не может иметь постоянную площадь сечения, если только она не призматическая или цилиндрическая. Я обязательно еще раз уточню в *Phil. Mag.*⁶.

Три вихревых кольца движутся по сути так же, как и два кольца, т. е. передние, увеличиваясь в диаметре, замедляются, а задние уменьшаются и, двигаясь быстрее, проходят сквозь идущие впереди.⁷ Я создал анимацию именно с тремя кольцами лишь из соображений наглядности. При этом я вовсе не утверждаю, что случай трех колец мной полностью исследован; в своих изысканиях я лишь приближенно установил качественную картину движения и отметил тот факт, что во время движения сумма площадей колец сохраняется. Кольца изображены жирными линиями, когда их размер мал, и тонкими, когда они велики.

Бинокулярный анимационный калейдоскоп⁸ следует расположить так, чтоб он вращался вокруг горизонтальной оси. Взаимное расположение линз и собственно кадров анимации

⁶Возможно, речь идет о ранее упомянутом Томсоном обсуждении силовых линий в работе Дж. Дж. Стони в этом журнале (G. J. Stoney. On the experiment of Mahomet's coffin. *Phil. Mag.*, 1868, ser. 4, vol. 36, pp. 188–192).

⁷Helmholtz H. Über Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen. *J. Reine Angew. Math.*, 55, 25–55 (1858). Англ. перев. (П. Тэт): On the integrals of the hydrodynamical equations, which express vortex motion, *Phil. Mag.*, ser. 4, 1867, vol. 33, pp. 485–512. Рус. перев. (С. А. Чаплыгин) в кн.: Г. Гельмгольц, Два исследования по гидродинамике: I. О вихревом движении; II. О прерывном движении жидкости. Москва, 1902, с. 5–51; репринтное издание: М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002, с. 7–40. См. также: Г. Гельмгольц, Об интегралах уравнений гидродинамики, соответствующих вихревым движениям, *Нелинейная динамика*, 2006, 2(4), 473–507, <http://nd.ics.org.ru/doc/r/pdf/888/0>; особ. см. с. 495 о взаимодействии двух круговых вихревых колец: «Мы можем теперь в общих чертах рассмотреть также, как две кольцеобразные вихревые нити, имеющие одну и ту же ось, будут влиять друг на друга, так как каждая, кроме собственного передвижения, следует еще движению жидких частиц, вызываемому другой нитью. Если они имеют одинаковое направление вращения, то обе передвигаются в одну и ту же сторону; движущаяся впереди нить будет расширяться и замедлять свое движение, следующая же за ней станет суживаться и передвигаться быстрее; если скорости передвижения не слишком различны, то второе кольцо наконец догонит первое и пройдет сквозь него. Затем то же явление повторяется с первым, так что кольца будут поочередно проходить одно через другое». — *Прим. ред.*

⁸В оригинале *binocular wheel of life*, калейдоскоп того времени для показа серии быстро сменяющихся друг друга картинок, нарисованных последовательно на бумажной ленте. См. рис. 1. — *Прим. ред.*

(картинок) указано на рисунке. Нарисовать всего одну пару схожих картинок для создания стереоэффекта оказалось в 10 раз сложнее, чем нарисовать 13 кадров анимации для обычного калейдоскопа.⁹

Я изготовил еще несколько анимаций¹⁰.

1. Движение шести тяжелых шаров по вертикальному кольцу. Прямая, соединяющая противоположные шары, все время проходит через одну и ту же точку¹¹; треугольник, составленный из трех шаров, взятых через один, касается некоторой фиксированной окружности; прямые, содержащие противоположные стороны шестиугольника, пересекаются на одной и той же линии¹².
2. Фонтан с шариком в верхней части струи. Цвет разлетающихся капель меняется, иллюстрируя тем самым видимое положение радуги для стороннего наблюдателя.
3. Мальчики, играющие в чехарду (полный цикл происходит за 2 оборота барабана калейдоскопа).
4. Акробаты и акробатки, движущиеся в противоположных направлениях, с 25 положениями одних и 27 других.
5. Рост сосен.

Я также планирую проиллюстрировать стационарное сдвиговое течение ($u = Cy$) и движение идеальной жидкости (в которой содержатся пылинки, чтобы это движение можно было наблюдать) вокруг движущегося цилиндра единичного радиуса.¹³

В этом случае функция тока имеет вид $\phi = r \left(r - \frac{1}{r} \right) \sin \theta$. Далее

$$\frac{dr}{dt} = \frac{1}{r} \frac{d\phi}{d\theta} = \frac{1}{r^2} \sqrt{r^4 - (2 + \phi^2)r^2 + 1},$$

откуда

$$t = \int \frac{r^2 dr}{\sqrt{r^4 - (2 + \phi^2)r^2 + 1}},$$

а этот интеграл берется в эллиптических функциях. Получаем время как функцию от r и функции тока ϕ . Так что мы можем определить, как изменится положение частиц жидкости, образовывавших первоначально, например, прямую линию, при прохождении мимо них цилиндра.

⁹В оригинале Максвелл продолжает фразу, используя при этом далекую от общепринятой и малопонятную терминологию: *... so that I estimate the ratio of trouble at $\frac{130}{n}$, where n is the ratio of expectation of an accurate picture in a stereoscope to same in Wheel* — ... так что отношение трудозатрат на создание стереоскопической анимации к обычной составит $\frac{130}{n}$, где n — отношение вероятности получения удовлетворительной по качеству картинки в обычном калейдоскопе к той же вероятности в бинокулярном (стереоскопическом) калейдоскопе. — Прим. ред.

¹⁰См. рис. 2. — Прим. ред.

¹¹В оригинале *pole of the line of height due to velocity*. Здесь, по-видимому, имеется ввиду некоторая точка, связанная с конструктивной особенностью калейдоскопа.

¹²В оригинале *line of height due to velocity*. — Прим. ред.

¹³См. рис. 3. — Прим. ред.

Рис. 1. Калейдоскоп Максвелла, демонстрирующий движение вихревых колец Гельмгольца. См. также анимацию: <http://www.clerkmaxwellfoundation.org/JumpingCircles.gif>

Рис. 2. Одна из анимаций, см.: http://www.clerkmaxwellfoundation.org/WheelOfLife_10Frames.gif

Рис. 3. Калейдоскоп Максвелла.

Миссис Макканн и миссис Максвелл только что получили билеты, так что надеюсь увидеться с Вами в четверг и, если это будет возможно, обо всем поговорить обстоятельно.

Искренне Ваш,
Дж. Клерк Максвелл

Letter to William Thomson, 6 October 1868

James Clerk Maxwell

Citation: *Rus. J. Nonlin. Dyn.*, 2012, vol. 8, no. 1, pp. 161–165 (Russian)