

«О, сколько нам открытий чудных  
Готовят просвещения дух  
И опыт, сын ошибок трудных,  
И гений, парадоксов друг,  
И случай, бог изобретатель.»

В науке различают опытное суждение, установленное с помощью эксперимента, и теоретическое суждение, основанное на математическом моделировании явления. Поэтому можно говорить о трех типах научных парадоксов.

Первый из них — противоречие между общепринятым теоретическим суждением и вновь полученным теоретическим суждением. Такой самый простой тип парадокса («теория — теория») возникает в результате улучшения математической модели или усовершенствования метода расчета.

Второй тип парадокса — противоречие между общепринятым опытным суждением и вновь полученным опытным суждением («опыт — опыт») — заслуживает более подробного рассмотрения, чем мы и займемся, отложив на время в сторону определение и анализ парадоксов третьего типа.

### Парадоксы симметрии

Всегда ли симметрия причин приводит к симметрии следствия? В микромире — не всегда (об этом можно прочесть, например, в книге Р.Фейнмана «Характер физических законов» — Библиотечка «Квант», вып.62). И в гидродинамике тоже не всегда. Картина обтекания симметричного тела, помещенного в симметричный поток, зачастую оказывается несимметричной. В этом заключена сущность парадокса симметрии.

На рисунке 1 показано симметричное обтекание кругового цилиндра потоком воды. Траектории частиц жидкости сделаны видимыми (визуализированными) с помощью алюминиевого порошка; вода движется слева направо. Верхняя и нижняя половинки симметричны — одна из них является зеркальным отражением другой. Более того, почти симметрично обтекание передней и задней частей цилиндра. Рисунок 2 иллюстрирует обтекание того же цилиндра в других условиях. Симметрия «верх-низ» сохранена, но симметрия левой и правой частей нарушена — за цилиндром образовались две замкнутые зоны с противоположно направленными враще-

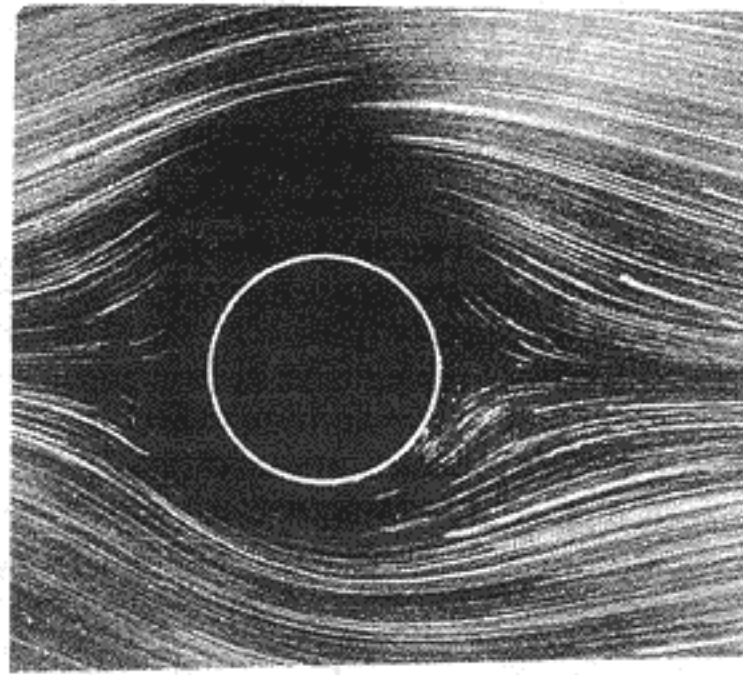


Рис. 1

ниями частиц жидкости. Наконец, на рисунке 3 представлена картина обтекания цилиндра в условиях, когда нарушена симметрия обоих типов. Обтекание нестационарно, изменяется с течением времени (визуализация осуществлялась с помощью воздушных пузырьков в воде).

Почему течение теряет симметрию? Исчерпывающе ответить на этот вопрос в настоящее время нельзя. Поэтому подменим его другим, более простым. Например, чем отличаются условия обтекания цилиндров в трех рассмотренных случаях? Оказывается — разным отношением действующих на частицу сил: силы лобового сопротивления

и вязкой силы. Это отношение характеризуется так называемым числом Рейнольдса  $Re$  (безразмерным параметром). При малых числах  $Re$  силы вязкости значительны, тело движется, как дробинка в меде (рисунку 1 соответствует  $Re = 1,5$ , рисунку 2 —  $Re = 26$ ). При больших числах  $Re$  силы вязкости малы, поток становится неустойчивым и даже хаотическим (рисунку 3 соответствует  $Re = 2000$ ).

Смена симметрий, их внезапное разрушение — фундаментальный закон современной гидродинамики. В реальных условиях абсолютная симметрия невозможна, в потоке всегда есть асимметрия. Поэтому если считать, что симметричные причины влекут за собой симметричные последствия, то почти симметричные причины могут приводить к совсем несимметричным последствиям. В этом заключается одно из объяснений парадокса симметрии.

### Парадокс Эйфеля

Другой парадокс, близкий в физическом отношении к парадоксам симметрии, обнаружил в 1912 году знаменитый французский инженер-строитель А.Эйфель (1832—1923). На склоне лет заинтересовавшись гидродинамикой в связи с вопросом о воз-

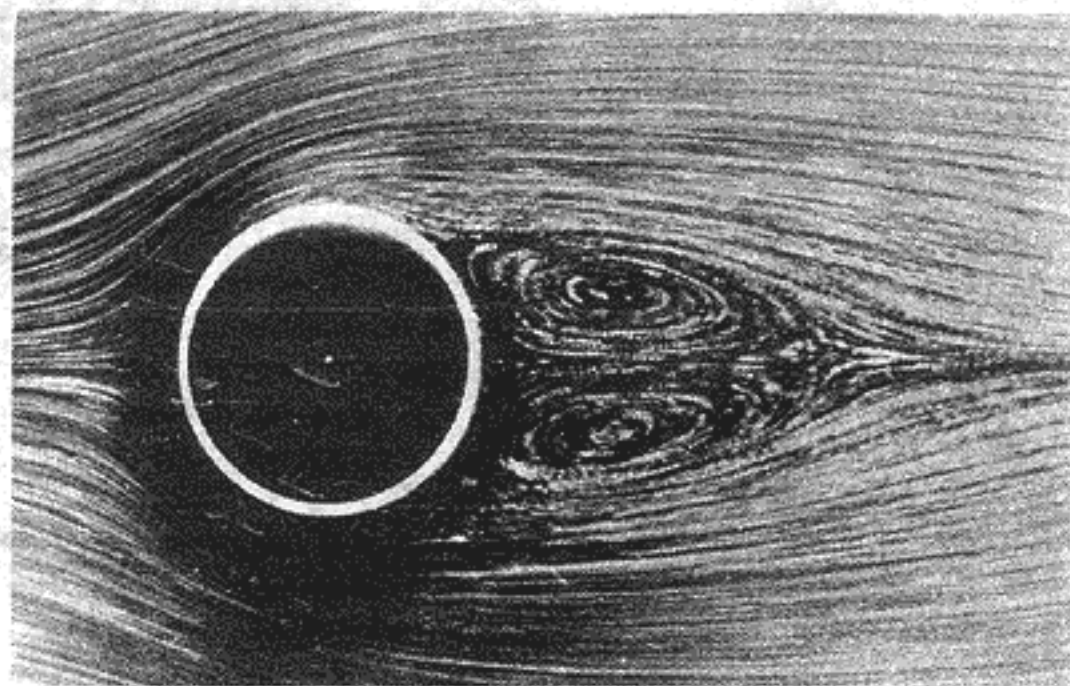


Рис. 2

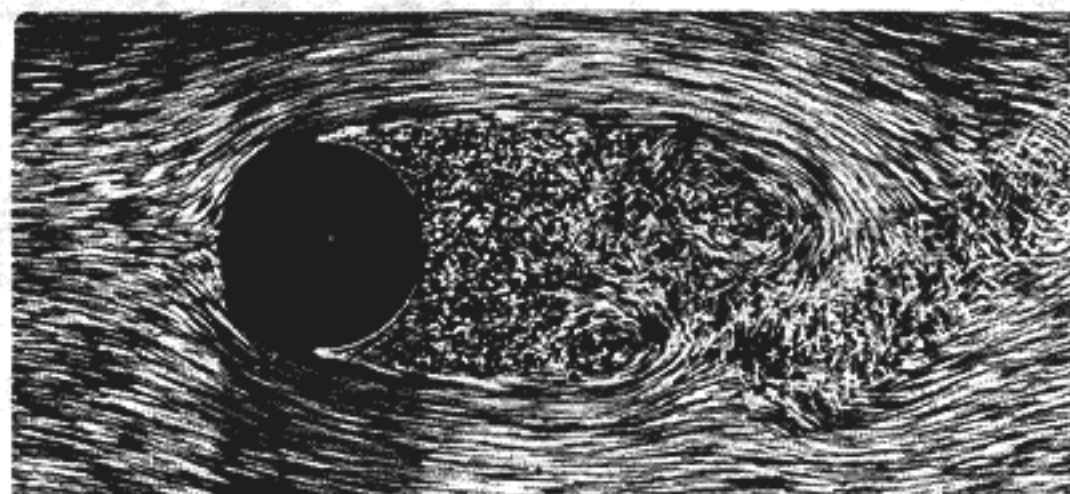


Рис. 3