
II

Механизм наследственности

Das Sein ist ewig; denn Gesetze
Bewahren die Lebend'gen Schätze,
Aus welchen sich das All geschmückt.

*Goethe*¹

12. *Выводы классического физика, будучи далеко не тривиальными, оказываются неверными*

Итак, мы пришли к заключению, что организм со всеми протекающими в нем биологическими процессами должен иметь весьма «многоатомную» структуру; необходимо также, чтобы случайные «одноатомные» явления не играли в нем слишком большой роли. Существенно, говорит наивный физик, чтобы в основе организма лежали достаточно точные физические законы, на основе которых он мог бы организовать свою исключительно регулярную и хорошо упорядоченную работу. В какой степени приложимы к реальным биологическим фактам эти выводы, сделанные a priori, т. е. с чисто физической точки зрения?

На первый взгляд может показаться, что эти выводы довольно тривиальны. Биолог, скажем, лет 30 назад мог утверждать, что хотя лектору-популяризатору вполне уместно подчеркнуть значение законов статистической физики при функционировании организма, как и любой другой системы, однако это утверждение, пожалуй, чересчур избитая истина, ибо действительно, не только организм взрослого индивидуума любого высокоразвитого существа, но и каждая клетка его содержит «космическое» число единичных атомов. И каждый отдельный физиологический процесс, который мы наблюдаем или внутри клетки, или при ее взаимодействии с внешней средой, кажется (или казалось лет 30 назад), вовлекает такое огромное количество единичных атомов и единичных атомных процессов, что точное выполнение законов физики

¹Бытие вечно, ибо существуют законы, охраняющие сокровища жизни, которыми украшает себя Вселенная. — *Гете*.

и физической химии гарантировано даже при весьма жестком требовании статистической физики в отношении «больших чисел». Это требование я только что проиллюстрировал на примере \sqrt{n} .

Теперь мы знаем, что такая точка зрения была бы ошибочной. Как мы сейчас увидим, невероятно маленькие группы атомов, слишком малые, чтобы проявлять точные статистические законы, играют главенствующую роль в весьма упорядоченных и закономерных процессах внутри каждого организма. Они управляют видимыми признаками большого масштаба, которые организм приобретает в течение своего развития; они определяют важные особенности его функционирования, и во всем этом проявляются весьма отчетливые и строгие биологические законы.

Я должен начать с краткого подведения итога достижений биологии и, в частности, генетики; другими словами, я должен подытожить современное состояние знаний в той области, где я — не авторитет. Этого нельзя избежать, и поэтому я приношу извинения, особенно биологу, за дилетантский характер изложения. Я прошу также разрешения изложить господствующие представления более или менее догматично. От «бедного» физика-теоретика нельзя ожидать, чтобы он сделал что-нибудь подобное компетентному обзору экспериментальных данных, полученных в результате большого количества великолепно выполненных серий экспериментов по скрещиванию, задуманных с беспрецедентным остроумием, с одной стороны, и прямых наблюдений над живой клеткой, проведенных со всей утонченностью современной микроскопии, — с другой.

13. *Наследственный шифровальный код (хромосомы)*

Разрешите мне воспользоваться словом «план (pattern) организма» в том смысле, в каком биолог называет его «планом в четырех измерениях», подразумевая при этом не только структуру и функционирование организма во взрослом состоянии или на любой другой стадии развития, но и организм в его онтогенетическом развитии от оплодотворенной яйцеклетки до стадии зрелости, когда он начинает размножаться. Теперь известно, что этот план в четырех измерениях определяется структурой всего одной клетки, а именно структурой оплодотворенного яйца. Более того, мы знаем, что он в основном определяется структурой только одной небольшой части этой клетки, ее *ядром*. Такое ядро в обычном «покоящемся» состоянии клетки

представляется как сетка *хроматина*², распределенного в виде пузырька внутри клетки. Но во время жизненно важных процессов клеточного деления (*митоза* или *мейоза*, см. ниже) видно, что ядро состоит из набора частиц, обычно имеющих форму нитей или палочек и называемых *хромосомами*, количество которых 8, или 12, или, как, например, у человека, 48.³ В действительности я должен был бы написать эти (взятые для примера) числа, как 2×4 , 2×6 , ..., 2×24 , и говорить о двух наборах, чтобы пользоваться выражением в том обычном значении, в каком оно употребляется биологом.

Хотя отдельные хромосомы иногда отчетливо различимы и индивидуализированы по форме и размеру, однако эти два набора хромосом почти подобны друг другу. Как мы увидим, один набор приходит от матери (яйцеклетка) и один — от отца (оплодотворяющий сперматозоид). Именно эти хромосомы или, возможно, только осевая или скелетная нить того, что мы видим под микроскопом как хромосому, содержат в виде своего рода шифровального кода весь «план» будущего развития индивидуума и его функционирования в зрелом состоянии⁴. Каждый полный набор хромосом содержит весь шифр, поэтому, как правило, имеются две копии последнего в оплодотворенной яйцеклетке, которая представляет самую раннюю стадию будущего индивидуума.

Называя структуру хромосомных нитей шифровальным кодом, мы подразумеваем, что все охватывающий ум, вроде такого, который некогда представлял себе Лаплас и которому каждая причинная связь непосредственно открыта, мог бы, исходя из структуры хромосом, сказать, разовьется ли яйцо при благоприятных условиях в черного петуха или в крапчатую курицу, в муху или растение маиса, в рододендрон, жука, мышь или человека. К этому мы можем прибавить, что «внешность» различных яйцеклеток часто бывает очень сходной, и даже если это не так (например, огромные яйца птиц и рептилий), то различие

²Это слово означает вещество, которое окрашивается в процессе окрашивания, широко применяемом в микроскопической технике.

³В настоящее время установлено, что у человека 46 (2×23) хромосом. — *Прим. перев.*

⁴Действительно, исследования последних лет показали, что основной «код наследственности» заключен в нити ДНК, которая составляет ось хромосомы. Установлено, что у микроорганизмов единицей кода являются три нуклеотида, последовательно располагающихся по длине молекулы ДНК. Хромосомы высших организмов построены значительно сложнее. Процесс считывания наследственной информации у них не столь ясен. Но, вероятно, в общих чертах он подобен тому, который наблюдают у микроорганизмов. — *Прим. перев.*

оказывается не столько в существующих структурах, сколько в том питательном материале, который в этих случаях добавляется.

Но термин *шифровальный код*, конечно, слишком узок. Хромосомные структуры служат в то же время и инструментом, осуществляющим развитие, которое они же предвещают⁵. Они являются и кодексом законов, и исполнительной властью или, употребляя другое сравнение, они являются одновременно и архитектором, и строителем. Как хромосомы ведут себя в онтогенезе⁶?

14. *Рост организма путем клеточного деления (митоз)* Рост организма осуществляется последовательными клеточными делениями. Такое клеточное деление, называемое *митозом*, не столь частое событие, как этого можно ожидать, учитывая огромное количество клеток, из которых состоит наш организм. Вначале рост идет быстро, яйцеклетка делится на две «дочерние», которые затем дают поколение из четырех клеток, далее 8, 16, 32, 64, ... и т. д. Частота деления не одинакова во всех частях растущего организма, и это нарушает регулярность чисел. Но путем простого вычисления можно установить, что в среднем достаточно 50 или 60 последовательных делений, чтобы образовать то количество клеток⁷, которое имеет взрослый человек, или, скажем, в десять раз больше, если принять во внимание смену клеток в течение жизни. Таким образом, клетки моего организма в среднем оказываются только пятидесятым или шестидесятым поколением того яйца, которым я когда-то был⁸.

⁵Предположение Шредингера о хромосомах как носителях шифровального кода вполне соответствует данным современной науки, но представление о них как и об инструментах, осуществляющих индивидуальное развитие, спорно. В настоящее время ряд исследователей изучает роль белков-гистонов, находящихся в хромосомах и регулирующих процесс считывания наследственной информации с молекул ДНК. Очень перспективны работы Р. И. Салганика по изучению регулирования активности генов гормонами и работы Ю. М. Оленова по контролированию процесса индивидуального развития эпигенетическими факторами. — *Прим. перев.*

⁶Онтогенез — развитие индивидуума в течение его жизни, в отличие от филогенеза — развития вида в течение геологических периодов.

⁷Весьма грубо — 10^{17} или 10^{18} .

⁸В настоящее время установлено, что соматическая клетка, как правило, совершает не более 50–60 делений и после этого гибнет. Высказывается предположение, что этими 50–60 делениями обусловлена смертность многоклеточных организмов. По мнению ряда исследователей, для клетки вышних организмов существует лишь два пути «к бессмертию»: или превращение в половую клетку с зачатием из нее нового организма, или перерождение в злокачественную опухольевую клетку — *Прим. перев.*

15. В митозе каждая хромосома удваивается

Как ведут себя хромосомы в митозе? Они удваиваются, удваиваются оба набора, обе копии шифра. Этот процесс чрезвычайно интересный, поэтому его интенсивно изучали, но он слишком сложен для того, чтобы описывать здесь его детали. Основное заключается в том, что каждая из двух дочерних клеток получает «приданое», состоящее из обоих наборов хромосом, в точности подобных тем, какие были у родительской клетки.

Таким образом, все клетки тела (*соматические* клетки. — *Прим. перев.*) совершенно подобны друг другу в отношении их хромосомного сокровища⁹. Каждая, даже менее важная клетка обязательно обладает полной (двойной) копией шифровального кода. Как бы мало мы ни знали об этом механизме, мы не можем, однако, сомневаться, что этот факт должен иметь какое-то важное отношение к жизни организма.

Самым удивительным представляется сохранение удвоенного хромосомного набора при всех митотических делениях. То, что это важная особенность генетического механизма, наиболее разительно подтверждается одним-единственным исключением из этого правила, исключением, которое мы и должны теперь рассмотреть.

16. Редукционное деление (мейоз) и оплодотворение (сингамия)

Очень скоро после начала развития особи одна группа клеток резервируется для образования позднее так называемых гамет, то есть спермиев или яйцеклеток (зависит от пола особи), необходимых для размножения индивидуума по достижении зрелости.

«Резервируются» — это означает, что они не служат другим целям и претерпевают значительно меньше митотических делений. Происходящее в них необычное редукционное деление, называемое *мейозом*, является тем делением, которым завершается развитие гамет у зрелой особи. Это деление, как правило, происходит лишь незадолго до сингамии. В мейозе двойной хромосомный набор родительской клетки просто делится на два единичных набора, каждый из которых идет в одну из двух дочерних клеток — *гамет*. Другими словами, в мейозе не происходит митотического удвоения количества хромосом, количество их остается постоянным, и, таким образом, каждая гамета получает толь-

⁹Биолог извинит меня за то, что в этом кратком изложении я не рассматриваю случая мозаиков, являющегося исключением.

ко половину, т. е. только одну полную копию шифровального кода, а не две, например, у человека только 24, а не 48.¹⁰

Клетки, имеющие только один хромосомный набор, называются *гаплоидными* (от греческого *απλους* — единственный). Таким образом, гаметы гаплоидны, а обычные клетки тела *диплоидны* (от греческого *διπλοδς* — двойной). Иногда также встречаются индивидуумы с тремя, четырьмя или, вообще говоря, с многими хромосомными наборами во всех клетках, и они тогда называются триплоидами, тетраплоидами, ... , *полиплоидами*.

В акте сингамии мужская гамета (сперматозоид) и женская гамета (яйцо), т. е. гаплоидные клетки, соединяются, чтобы образовать оплодотворенную яйцеклетку, которая, следовательно, диплоидна. Один из ее хромосомных наборов приходит от матери, а другой — от отца.

Фотографии (рис. 5 и 6) дают нам некоторое представление о том, как выглядят хромосомы под микроскопом. Они взяты из книги доктора Дарлингтона «Работа с хромосомами»¹¹.

Воспользовавшись рис. 7, я попытаюсь дать схематический обзор трех основных процессов: митоза, мейоза и сингамии у маленькой плодовой мушки *Drosophila*, которая имеет гаплоидное число хромосом. Эта мушка как объект экспериментирования сыграла выдающуюся роль в современной генетике. Четыре различные хромосомы условно помечены разным цветом: зеленым, черным, красным и синим. На рис. 7а хромосомный набор диплоидной клетки увеличен. Он служит только для пояснения схем на рис. 7б–г, которые даны в уменьшенном виде и чисто схематически. Разрешите мне очистить свою совесть признанием, что при описании мейоза я, как и в предыдущем случае, допустил некоторые упрощения, которые, однако, для нашей цели не имеют значения¹².

17. *Гаплоидные особи* Оговорки требует еще одно обстоятельство. Хотя оно и не существенно для нашей цели, однако действительно интересно, поскольку показывает, что в каждом единичном наборе хромосом содержится совершенно полный шифровальный код всего «плана» организма.

¹⁰См. прим. на стр 27.

¹¹C. D. Darlington. *The Handling of Chromosomes*. Allen and Unwin, 1942.

¹²В действительности мейоз — не одно деление без удвоения числа хромосом, а два почти сливающихся деления, но с одним удвоением. В результате образуются не две гаплоидные гаметы, а четыре.

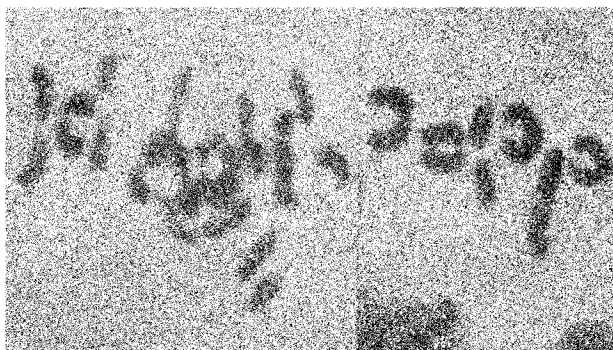


Рис. 5. Сблизившиеся попарно хромосомы в материнских клетках пыльцы двух видов *Tradescantia*: а — шесть пар хромосом в клетках, фиксированных и окрашенных ацеторсеином; б — двенадцать пар хромосом в живой клетке, сфотографированной в ультрафиолетовом свете ($\times 1000$)

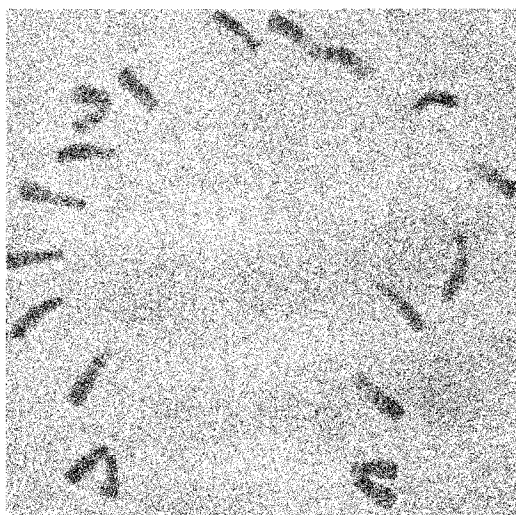
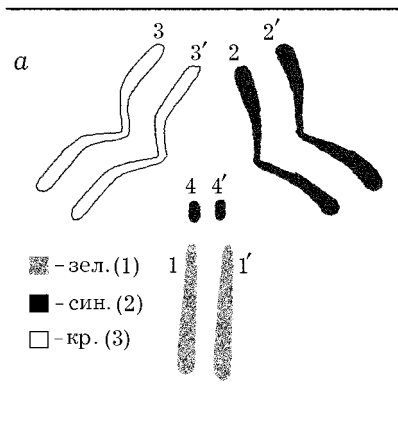
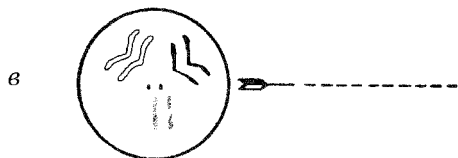
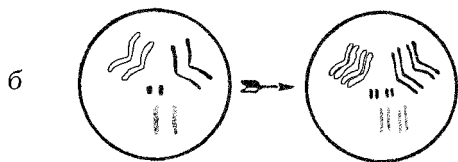


Рис. 6. Голодающие хромосомы (подразумевается нуклеиновокислород голодание, применяемое в целях получения более окрашенных препаратов. — Прим. перев.) в пыльцевых зернах *Fritillaria pudica*, полученные воздействием холода. Бледные полосы — инертные сегменты ($\times 1800$)



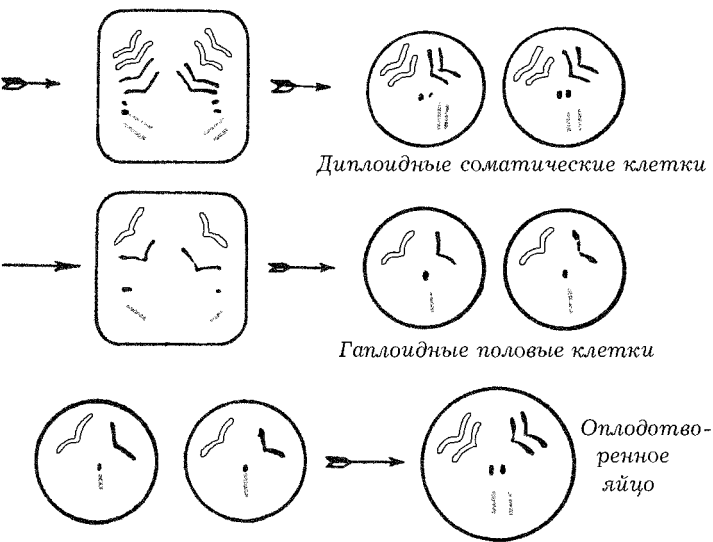


Рис. 7. Хромосомы в соматических клетках мушки *Drosophila*:

a - четыре пары гомологических хромосом; *б* - нормальное клеточное деление (митоз) диплоидной клетки; *в* - редукционное деление (мейоз) диплоидной клетки и образование гаплоидных гамет; *г* - оплодотворение (сингамия). Гаплоидные мужская и женская гаметы соединяются, чтобы образовать диплоидное оплодотворенное яйцо.

Имеются примеры мейоза, когда оплодотворение осуществляется не сразу, а сначала гаплоидная клетка (гамета) подвергается большому количеству митотических клеточных делений, в результате чего возникает целая гаплоидная особь. Это наблюдается у самцов пчелы — трутней, которые развиваются партеногенетически, то есть из неоплодотворенных и поэтому гаплоидных яиц матки. Трутень не имеет отца! Все клетки его тела гаплоидны.

Если хотите, можно назвать его гигантским сперматозоидом; и действительно, известно, что функционировать в этом качестве — его единственная жизненная задача. Однако, может быть, это не серьезная точка зрения. Ибо такой случай не единичен. Есть семейства растений, где гаплоидные клетки, которые образуются при мейозе и называются спорами, падают на землю как семена и развиваются в настоящие гаплоидные растения, сравнимые по размеру с диплоидными.

На рис. 8 изображено растение мха, распространенного в наших лесах. Покрытая листочками нижняя часть — гаплоидное растение, называется гаметофитом, потому что у него наверху развиваются половые органы и гаметы, которые после оплодотворения производят обычное диплоидное растение — голый стебелек с семенной коробочкой. Эта часть растения называется спорофитом, так как путем мейоза она производит споры, находящиеся в капсуле. Когда капсула открывается, споры падают на землю и развиваются в облиственный стебель. Этот процесс метко назван «чередованием поколений». Вы можете, если хотите, рассматривать человека и животных с той же точки зрения. Но гаметофитом здесь является, как правило, весьма короткоживущее одноклеточное поколение — сперматозоид или яйцеклетка. Наше тело соответствует спорофиту. Наши «споры» — это резервные клетки, из которых в процессе мейоза возникает одноклеточное поколение.

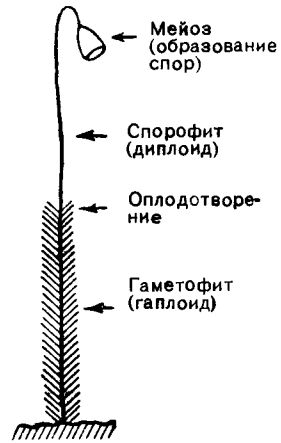


Рис. 8. Чередование поколений

18. Значение редуccionного деления

Важным и действительно определяющим судьбу событием в процессе воспроизведения индивидуума является не оплодотворе-

ние, а мейоз. Один набор хромосом приходит от отца, один — от матери. Никакая случайность не может помешать этому.

Каждый человек¹³ получает ровно половину своей наследственности от матери и половину от отца. То, что одна линия кажется преобладающей, объясняется другими причинами, о которых мы поговорим позже (пол сам по себе, конечно, тоже представляет простейший пример такого преобладания).

Но если вы проследите за происхождением вашей наследственности вплоть до ваших дедов и бабок, то дело окажется иным. Разрешите обратить ваше внимание на набор хромосом, пришедших ко мне от отца, в частности на одну из них, скажем, на хромосому № 5. Это будет точная копия или той хромосомы № 5, которую мой отец получил от своего отца, или той, которую он получил от своей матери. Исход дела был решен (с вероятностью 50 к 50) в мейозе, происшедшем в организме моего отца в ноябре 1886 г. и произведшем тот сперматозоид, который немногими днями позже оказался причиной моего зарождения.

Точно та же история могла бы быть повторена относительно хромосом № 1, 2, 3, . . . , 24 моего отцовского набора¹⁴ и *mutatis mutandis* относительно каждой из моих материнских хромосом.

Более того, все 48 результатов являются совершенно независимыми¹⁵. Даже если бы было известно, что моя отцовская хромосома № 5 пришла от моего деда Иозефа Шредингера, то у хромосомы № 7 еще оставались бы равные шансы произойти от него же, или от его жены Марии, урожденной Богнер.

19. Кроссинговер.

Локализация свойств

Но роль случайности в смешении дедушкиной и бабушкиной наследственности у потомков еще больше, чем это может показаться из предыдущего описания, когда молчаливо предполагалось или даже прямо утверждалось, что определенные хромосомы пришли как целое или от бабушки, или от дедушки, другими словами, единичные хромосомы пришли неразделенными. В действительности это не так или не всегда так. Перед тем, как разойтись при редукционном делении, скажем, при том, которое происходило в отцовском организме, каждые две «гомологичные» хромосомы сближаются и иногда обмениваются значи-

¹³Во всяком случае каждая женщина. Чтобы избежать многословия, я исключил из этого обзора чрезвычайно интересную область определения пола и сцепленных с полом признаков (например, так называемая цветовая слепота).

¹⁴См. прим. на стр. 27.

¹⁵См. прим. на стр. 27.

тельными своими частями таким образом, как это показано на рис. 9. На микрофотографии (рис. 10) видно это тесное сближение хромосом.

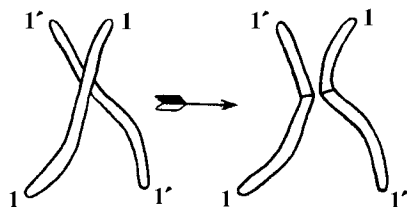


Рис. 9. Кроссинговер. Две гомологичных хромосомы в контакте (слева), после обмена и разделения (справа)

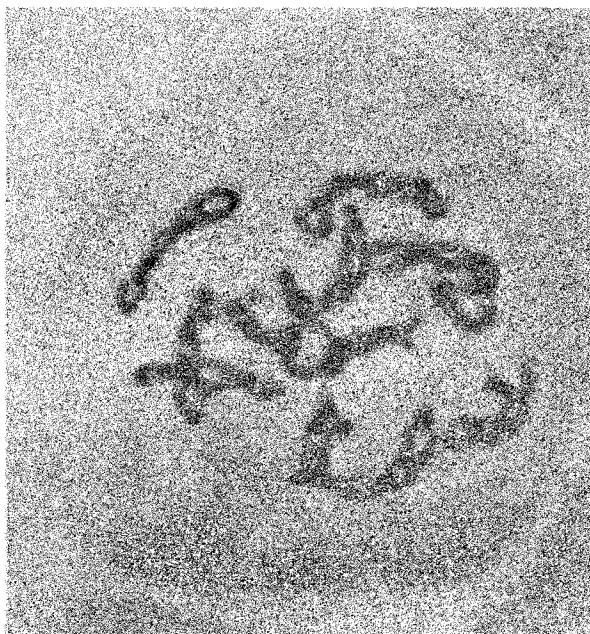


Рис. 10. Двенадцать пар сблизившихся хромосом в материнских клетках пыльцы *Fritillaria chitralensis*. Точки пересечения петель показывают места кроссинговера между партнерами ($\times 1600$)

В результате такого процесса, называемого *кроссинговером* (пере-

крестом), два свойства, расположенные в соответствующих частях этой хромосомы, будут разделены, и внук окажется похожим одним из своих свойств на дедушку, а другим на бабушку¹⁶.

Явление кроссинговера, будучи не слишком редким, но и не слишком частым, обеспечивает нас ценнейшей информацией о расположении свойств в хромосомах. Чтобы рассмотреть вопрос полностью, мы должны использовать некоторые понятия, о которых будет рассказано только в следующей главе (например, гетерозиготность, доминантность и т. д.), но так как это увело бы нас за пределы этой маленькой книги, разрешите мне просто указать на самое важное.

Если бы не было кроссинговера, то два признака, за которые ответственна одна и та же хромосома, приходили бы к потомку всегда вместе, и ни одна особь не могла бы получить один из них, не получив другого. Два же свойства, определяемые двумя различными хромосомами, либо имели бы вероятность 50:50 оказаться отделенными друг от друга, либо всегда расходились бы в потомстве к разным особям, а именно тогда, когда эти свойства расположены у предка в гомологичных хромосомах, которые во время мейоза всегда расходятся.

Эти правила и отношения нарушаются кроссинговером, вероятность которого может быть установлена тщательным регистрированием различных комбинаций признаков у потомства в экспериментах по скрещиванию, поставленным надлежащим образом. Анализируя результаты таких скрещиваний, принимают убедительную рабочую гипотезу, что «сцепление» двух свойств, расположенных в одной хромосоме, тем реже нарушается кроссинговером, чем ближе эти свойства лежат одно к другому, ибо тогда менее вероятно, что линия разрыва пройдет между ними, а свойства, расположенные ближе к противоположным концам хромосомы, будут разделяться при каждом кроссинговере. (То же самое применимо и к объединению в одной хромосоме двух свойств (признаков), расположенных ранее в гомологичных хромосомах одного и того же предка.) Таким образом, на основе «статистики сцепления» можно составить своего рода «карты признаков» внутри каждой хромосомы.

¹⁶ Автор выражается неточно, говоря о расположении в хромосоме «свойств» или «признаков». Как он сам далее указывает, в хромосоме расположены не сами свойства, а лишь определенные материальные структуры (гены), различия в которых приводят к видоизменениям определенных свойств всего организма в целом. Это надо постоянно иметь в виду, ибо Шредингер все время пользуется словом «свойства». — *Прим. перев.*

Тщательные исследования (главным образом хромосом у *Drosophila*, хотя и не только у нее) показали, что изученные признаки действительно распадаются на такое количество отдельных групп, между которыми нет сцепления, сколько имеется хромосом (четыре у *Drosophila*). В пределах каждой группы можно составить карту признаков, количественно выражающую степень сцепления между каждой парой признаков этой группы; поэтому не может быть больших сомнений, что они действительно расположены в хромосоме и притом линейно, как это можно ожидать, рассматривая хромосому палочкообразной формы.

Конечно, схема наследственного механизма, как она описана здесь, еще бесцветна и слегка наивна. Ибо мы не сказали, что следует подразумевать под признаком. Рассекать на дискретные «признаки» организм, который является в сущности единым «целым», представляется неправильным и невозможным. В действительности мы только утверждаем в каждом отдельном случае, что пара предков различается в определенном, хорошо выраженном отношении (скажем, один имел голубые глаза, а другой — карие) и что потомок сходен в этом отношении или с одним, или с другим предком. В хромосоме же мы локализуем место этого различия. (Мы называем это место «локусом» или, если мы думаем о гипотетической материальной структуре, которая образует его основу — *геном*.) На мой взгляд, основным представлением служит скорее различие признаков, чем признак сам по себе, несмотря на кажущееся словесное и логическое противоречие этого утверждения. Различие признаков действительно дискретно. Это выявится в следующей главе, когда мы будем говорить о мутациях и когда представленная выше сухая схема, я надеюсь, приобретет и жизнь, и краски.

Мы только что ввели термин *ген* для гипотетического материального носителя определенной наследственной особенности. Подчеркнем теперь два момента, которые будут иметь большое значение для нашего исследования. Первый момент — размер, или, лучше сказать, максимальный размер этого носителя; другими словами, до сколь малого размера мы можем проследить локализацию наследственных потенций. Второй момент — устойчивость гена. Это предположение вытекает из постоянства «наследственного плана».

Размер гена определен двумя совершенно независимыми способами. Один основан на генетических данных (эксперименты по скрещива-

нию), другой — на цитологических данных (прямое микроскопическое наблюдение). Первый способ принципиально достаточно прост. Установив расположение различных признаков (большого масштаба) внутри определенной хромосомы (скажем, у мушки *Drosophila*), мы, чтобы определить размер гена, должны только разделить длину этой хромосомы на количество признаков. Конечно, мы рассматриваем в качестве отдельных признаков только такие, которые изредка разделяются кроссинговером и не могут быть обусловлены одной и той же (микроскопической или молекулярной) структурой. Совершенно ясно, что при нашем расчете мы определим только максимальный размер носителя, потому что количество признаков, изолированных при генетическом анализе, будет непрерывно возрастать по мере того, как работа будет продолжаться.

Другая оценка размера гена, хотя и основанная на микроскопическом наблюдении, в действительности является гораздо менее прямой. Определенные клетки *Drosophila* (именно клетки слюнных желез) иногда оказываются по каким-то причинам гигантски увеличенными; это касается и их хромосом. В них можно различить поперечные темные полоски, пересекающие нить (рис. 11). Дарлингтон подметил, что число этих полосок (2000 в рассматриваемом случае), хотя и заметно больше, но того же самого порядка, что и число генов, локализованных в той же хромосоме и определенных на основании экспериментов по скрещиванию. Он склонен рассматривать эти полоски как действительные гены (или границы между генами). Разделив длину хромосомы в нормального размера клетке на число полосок (2000), он определил объем гена равным кубу со стороной в 300 \AA . Учитывая грубость расчетов, можно считать, что такой же размер имел ген, определенный первым методом.

21. Малые числа

Подробное обсуждение того, какое отношение имеет статистическая физика ко всем изложенным фактам, последует позже. Но разрешите мне привлечь ваше внимание сейчас к тому обстоятельству, что 300 \AA — это только около 100 или 150 атомных расстояний в жидкости или твердом теле, так что ген, несомненно, содержит не более миллиона или нескольких миллионов атомов. Согласно статистической физике, а это значит, согласно физике вообще, такое число слишком мало (с точки зрения закона \sqrt{n}), чтобы обусловить упорядоченное и закономерное поведение. Оно было бы слишком мало, даже если бы все эти атомы были совершенно одинаковыми, как в газе или в капле жидкости, а ген, несомненно,

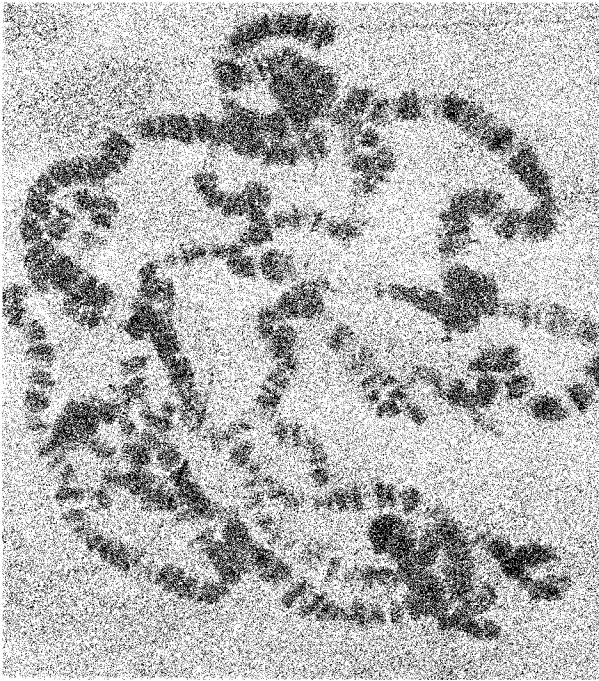


Рис. 11. Покоящееся ядро клетки слюнной железы мушки *Drosophila melanogaster*. Гены прошли восемь циклов удвоения; видна серия поперечных полосок, из которых каждая содержит 256 генов. Крупные гены — более темные полоски ($\times 1500$)

не является гомогенной каплей жидкости. Он, вероятно, представляет собой большую белковую молекулу, где каждый атом, каждый радикал, каждое гетероциклическое кольцо играет индивидуальную роль, более или менее отличную от роли любых сходных атомов, радикалов или гетероциклических колец¹⁷. Это во всяком случае точка зрения таких ведущих генетиков нашего времени, как Холдейн и Дарлингтон, и мы

¹⁷В настоящее время установлено, что основу гена, с которой происходит считывание информации, составляет не белковая молекула, а молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и индивидуальность ее определяется последовательностью четырех белковых оснований, расположенных попарно: аденин—тимин, гуанин—цитозин. — *Прим. перев.*

должны будем обратиться к удивительным генетическим экспериментам, которые почти доказывают это.

22. *Постоянство* Рассмотрим теперь второй весьма важный вопрос: какую степень постоянства мы наблюдаем у наследственных признаков и что мы поэтому должны приписать тем материальным структурам, которые их несут.

Ответ на этот вопрос может быть дан без какого-либо специального исследования. Раз мы говорим о наследственных особенностях, значит мы признаем это постоянство почти абсолютным. Мы не должны забывать, что от родителя к ребенку передается не только та или иная особенность: орлиный нос, короткие пальцы, предрасположение к ревматизму, гемофилия, дихромазия и т. д. Такие особенности удобно вычленять для изучения законов наследственности. Но в действительности из поколения в поколение, без заметного изменения в течение столетий — хотя и не в течение десятков тысяч лет — передается весь (четырёхмерный) план — *фенотип*, вся видимая и явная природа индивидуума. При этом в каждом поколении передача осуществляется материальной структурой ядер тех двух клеток, которые соединяются при оплодотворении. Это — чудо! Имеется еще только одно большее чудо, хотя и связанное тесно с первым, но относящееся уже к другой сфере. Я имею в виду тот факт, что мы, чье существование целиком основано на удивительной игре именно этого механизма наследственности, все же обладаем способностью узнать о нем так много. Мне представляется, что в отношении первого чуда наши знания могут дойти едва ли не до полного понимания. Второе, возможно, вообще лежит за пределами человеческого познания.