

**Изменчивость**

# Изменчивость

**Изменчивость** – способность организмов приобретать новые признаки.

## Изменчивость



### **Ненаследственная**

- Модификационная
- Онтогенетическая

### **Наследственная**

- Комбинативная
- Мутационная

# Изменчивость

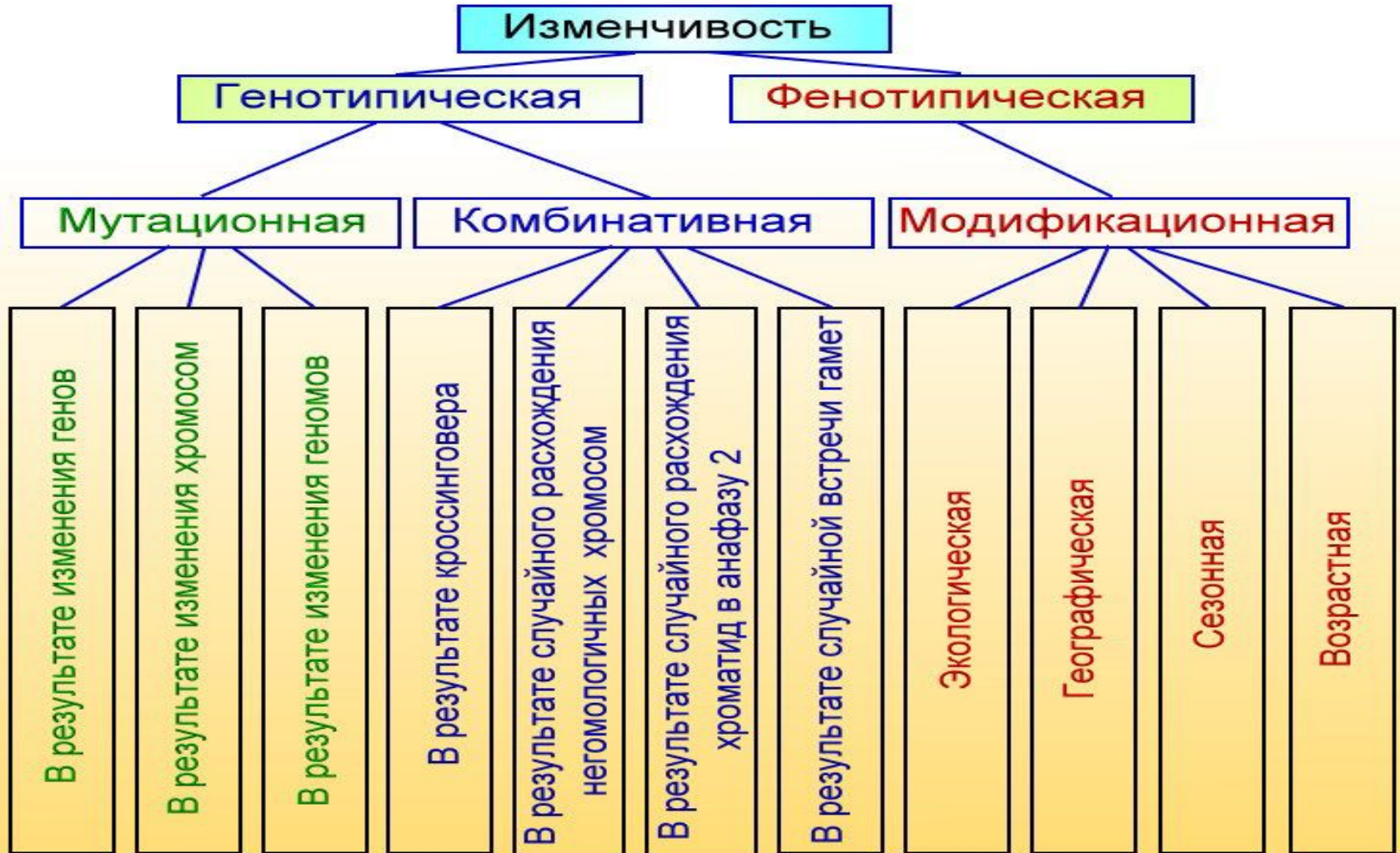
*Наследственная*, или *генотипическая*, *индивидуальная*, *неопределенная* — изменения признаков организма, обусловленные изменением генотипа; она бывает:

*комбинативной* — возникающей в результате рекомбинации хромосом в процессе полового размножения и участков хромосом в процессе кроссинговера;

*мутационной* — возникающей в результате внезапного изменения состояния генов;

*Ненаследственная*, или *фенотипическая*, — изменчивость, при которой изменений генотипа не происходит. Ее также называют *групповой*, *определенной*, *модификационной*.

# Изменчивость



Изменчивость – способность организмов приобретать новые признаки и свойства.

Ненаследственная изменчивость фенотипическая, модификационная, определённая, групповая. Подчиняется статистической закономерности вариационных рядов.

**Модификация** –это результат взаимодействия условий среды и генотипа

Условия среды → Генотип → Новый фенотип



# Ненаследственная (Модификационная)

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Это изменения признаков и свойств организма, обусловленные влиянием на проявление генов окружающей среды.

**Фенотип** = **генотип** +  
**окружающая**  
**среда**



Если посадить два семени фасоли от одного растения в разную почву, развиваться они будут по-разному.



Если два черенка от одного растения посадить в разную почву, то они будут развиваться по-разному





Колеус, выросший на ярком свете, имеет яркую, малиновую окраску листьев.



Если переставить растение в условия меньшей освещенности, листья становятся более зелеными.

# Причина изменений

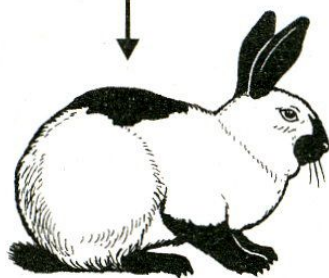
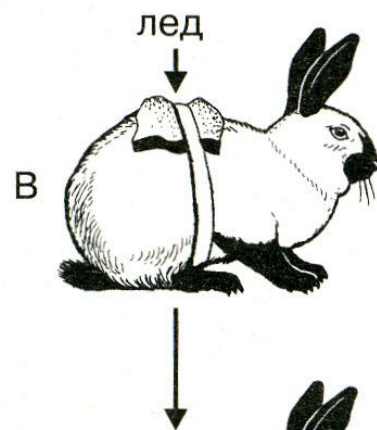
изменени  
е  
условий  
среды

- белокочанная капуста в условиях жаркого климата не образует кочана.



Заяц-беляк летом и зимой.  
Изменчивость?

Модификационная, генотип  
не изменяется.



Горностаевый кролик при  
повышенной температуре  
остается белым.  
Изменчивость?

Модификационная, генотип  
не изменяется.

# Значение изменений

- **адаптация** – приспособление к данным условиям среды, выживание, сохранение потомства.
- Породы лошадей и коров, завезенных в горы, становятся низкорослыми.

## Модификационная изменчивость



Под действием ультрафиолетовых лучей у людей (если они не альбиносы) возникает загар в результате накопления в коже меланина, причем у разных людей интенсивность окраски кожи различна.

Таким образом, изменения ряда признаков организмов вызывается действием факторов внешней среды. Причем эти изменения не наследуются. Так, если получить потомство от тритонов, выращенных на темном грунте, и поместить их на светлый, то все они будут иметь светлую окраску, а не темную, как их родители. То есть, данный вид изменчивости не затрагивает генотип и поэтому не передается потомкам.

## Модификационная изменчивость



Изменчивость организмов, возникающая под влиянием факторов внешней среды и не затрагивающая генотипа, называется *модификационной*.

Модификационная изменчивость *носит групповой характер*, то есть все особи одного вида, помещенные в одинаковые условия, приобретают сходные признаки. Например, если сосуд с эвгленами зелеными поместить в темноту, то все они утратят зеленую окраску, если же вновь выставить на свет — все опять станут зелеными.

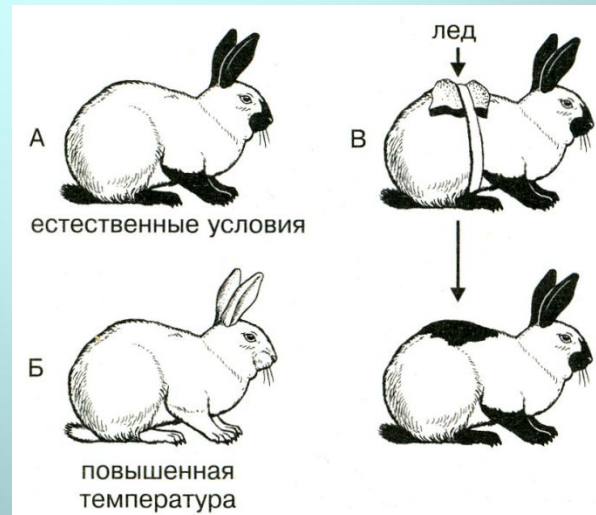
Модификационная изменчивость является *определенной*, то есть всегда соответствует факторам, которые ее вызывают. Так, ультрафиолетовые лучи изменяют окраску кожи человека, усиленные физические нагрузки влияют на степень развития мышц.

## Модификационная изменчивость



Несмотря на то, что под влиянием условий внешней среды признаки могут изменяться, эта изменчивость не беспредельна. Так, на поле пшеницы можно обнаружить растения с крупными колосьями (20 см и более) и очень мелкими (3-4 см). Это объясняется тем, что генотип определяет определенные границы, в пределах которых может происходить изменение признака.

Степень варьирования признака, или пределы модификационной изменчивости, называют *нормой реакции*.



# Виды фенотипической изменчивости

- **Модификации** – это ненаследственные изменения генотипа, которые возникают под действием фактора среды, носят адаптивный характер и чаще всего обратимы (например: увеличение эритроцитов в крови при недостатке кислорода).
- **Морфозы** – это ненаследственные изменения фенотипа, которые возникают под действием экстремальных факторов среды, не носят адаптивный характер и необратимы (например:
- **Фенокопии** – это ненаследственное изменение генотипа, которое напоминает наследственные заболевания (увеличение щитовидной железы на территории, где в воде или земле не хватает йода).



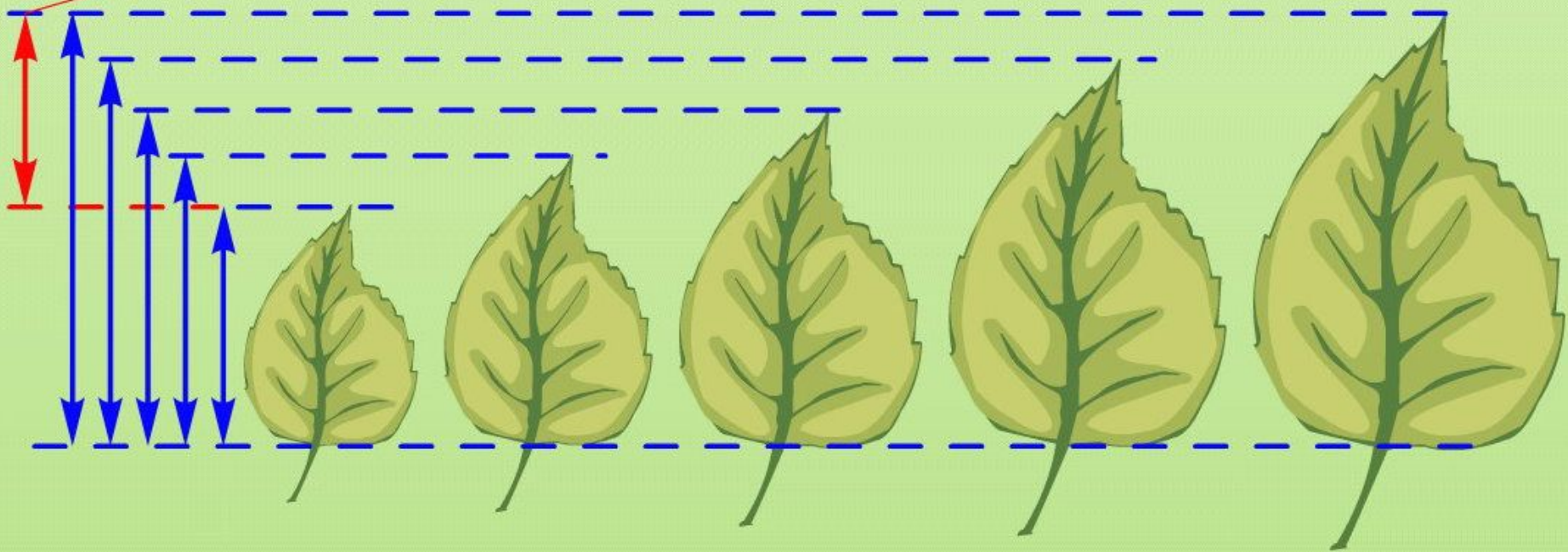
Изменение признаков и свойств организмов,  
происходящие под непосредственным влиянием  
факторов среды и не затрагивающие генотип,  
называются модификациями.

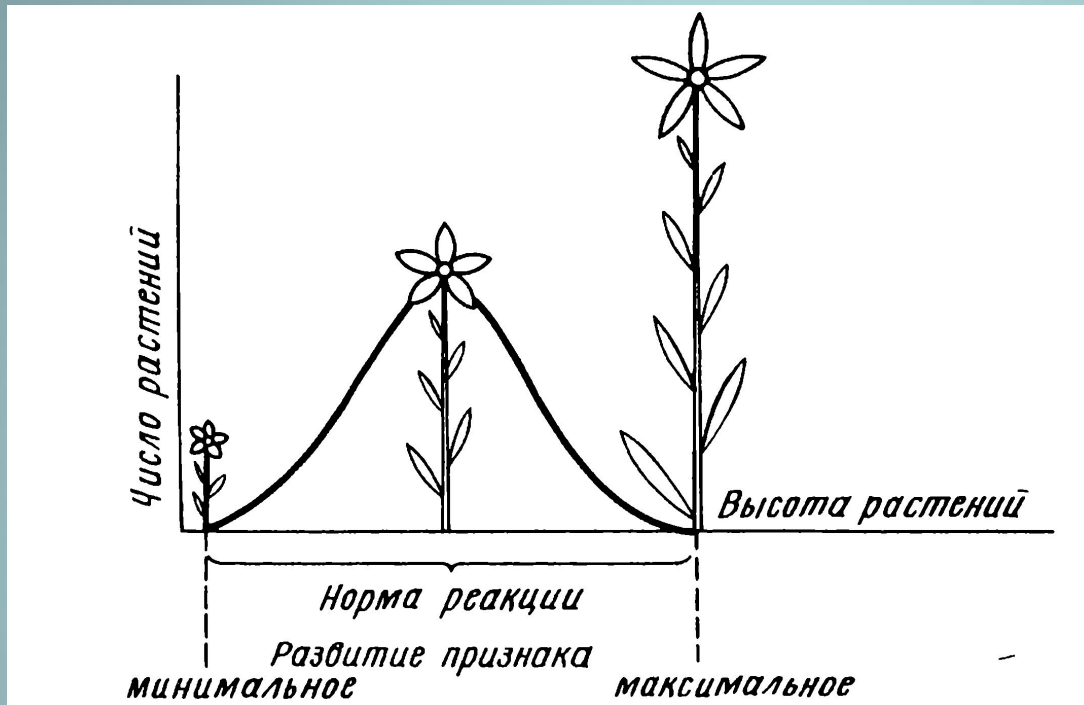
Степень варьирования признака – пределы  
модификационной изменчивости – называют  
нормой реакции.

Модификационная изменчивость  
характеризуется: ненаследуемостью,  
групповым характером изменений,  
соотнесением изменений действию  
определённого фактора среды,  
обусловленностью пределов изменчивости  
генотипов.



норма реакции





- Норма реакции для определенного вида растения

# Качественные и количественные признаки:

качественные – устанавливаемые описательным путём:

- масть животных, окраска семян, рост.
- Подвержены влиянию среды меньше.*

Количественные определяемые путём измерения:

- урожайность с/х культур, удойность коров, яйценоскость кур.
- Подвержены влиянию среды больше.*

## Модификационная изменчивость



Как правило, *количественные признаки* (высота растений, урожайность, размер листьев, удойность коров, яйценоскость кур) имеют более широкую норму реакции, то есть могут изменяться в широких пределах, нежели *качественные признаки* (цвет шерсти, жирность молока, строение цветка, группа крови).

Знание нормы реакции имеет большое значение для практики сельского хозяйства

Таким образом, модификационная изменчивость характеризуется следующими основными свойствами:

1. Ненаследуемость;
2. Групповой характер изменений;
3. Соответствие изменений действию фактора среды.

## Модификационная изменчивость



Для оценки степени выраженности изучаемого признака используют понятие:

**ЭКСПРЕССИВНОСТЬ** – степень фенотипического проявления гена.

Этот показатель зависит от взаимодействия гена с другими генами, или от воздействия внешних условий.

Наличие данного гена не всегда означает, что он проявится в фенотипе. Для оценки количества особей, у которых этот признак фенотипически проявился используют термин **ПЕНЕТРАНТНОСТЬ**. *Пенетрантность – частота фенотипического проявления признака у особей с одинаковым генотипом по этому гену.* Пенетрантность врожденного вывиха бедра составляет, например, 20%, у сахарного диабета – 65%.

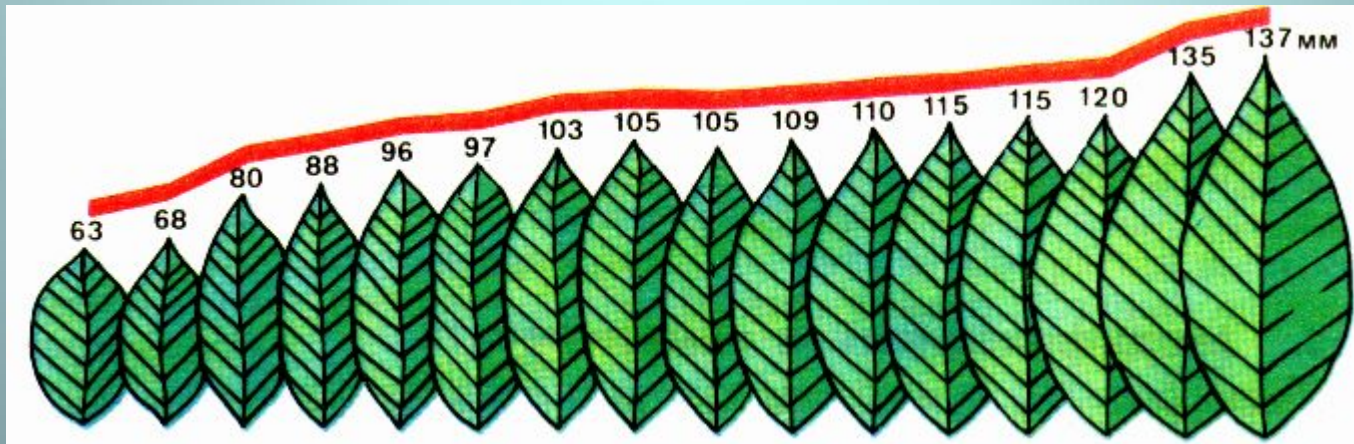
## Модификационная изменчивость

Статистические закономерности модификационной изменчивости.

Модификационная изменчивость многих признаков растений, животных и человека подчиняется общим закономерностям. Эти закономерности выявляются на основании анализа проявления признака у группы особей ( $n$ ). Степень выраженности изучаемого признака у членов выборочной совокупности различна.

Каждое конкретное значение изучаемого признака называют *вариантой* и обозначают буквой  $v$ .

При изучении изменчивости признака в выборочной совокупности составляется *вариационный ряд*, в котором особи располагаются по возрастанию показателя изучаемого признака.



# Модификационную изменчивость можно представить графически

Графическое выражение изменчивости признака, отражающее размах вариации и частоту встречаемости называют **вариационной кривой**

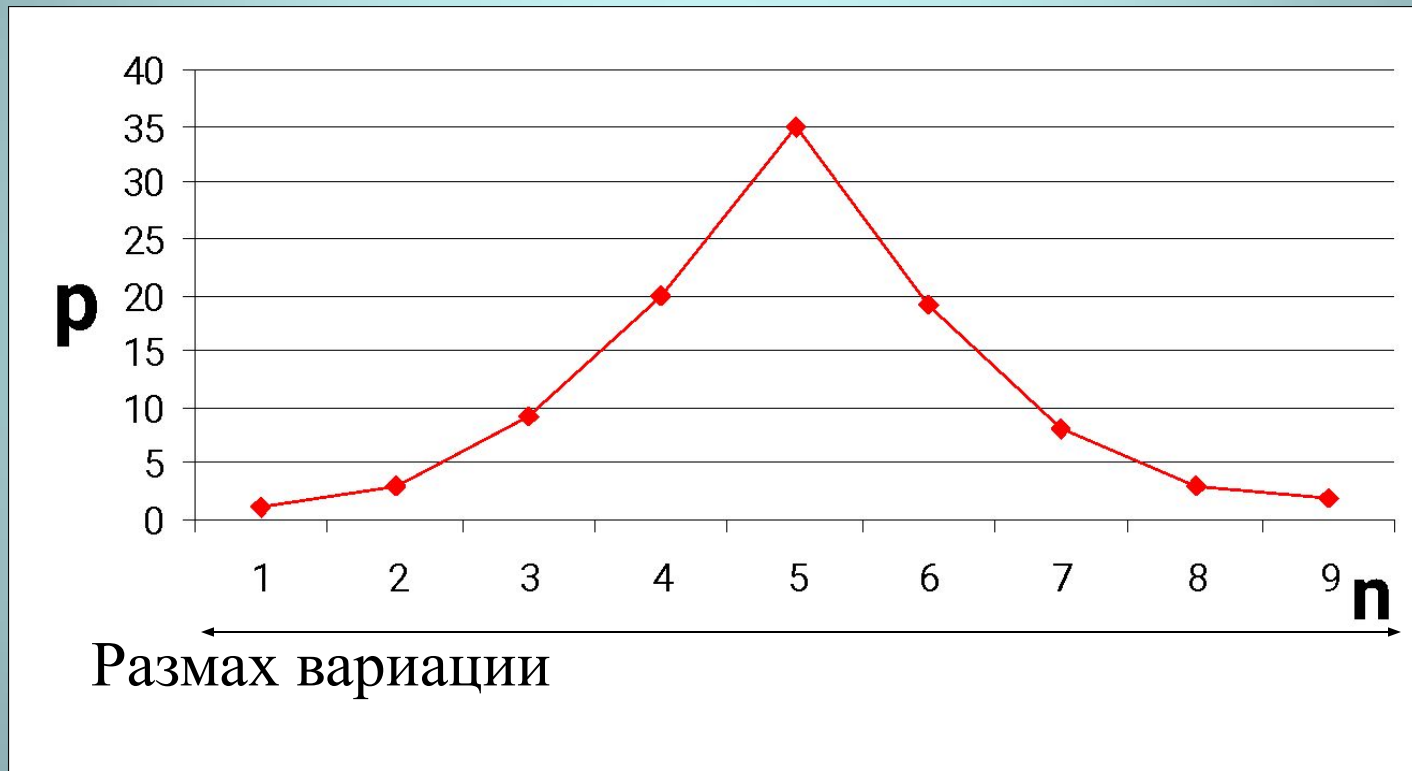
<b>n</b>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>p</b>	1	3	9	20	35	19	8	3	2

**n** – длина листа

**p** – частота  
встречаемости



## Графическое выражение изменчивости признака



## Модификационная изменчивость

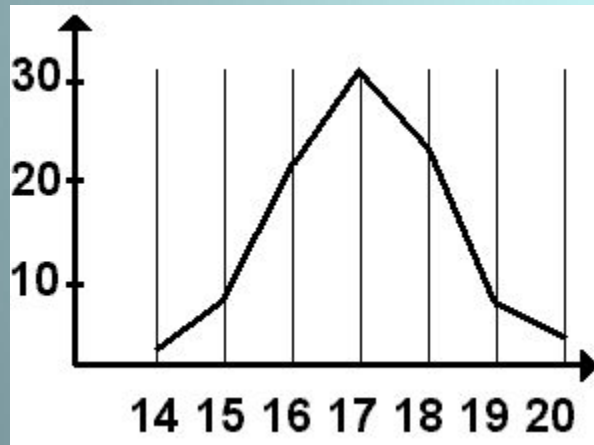
На основании вариационного ряда строится *вариационная кривая* — графическое отображение частоты встречаемости каждой варианты. *Частота встречаемости* отдельных вариантов обозначается буквой  $p$ . Например, если взять 100 колосьев пшеницы ( $n$ ) и подсчитать число колосков в колосе, то это количество будет от 14 до 20 — это численное значение вариантов ( $v$ ).

Вариационный ряд:

$v = 14 \ 15 \ 16 \ 17 \ 18 \ 19 \ 20$

Частота встречаемости каждой варианты

$p = 2 \ 7 \ 22 \ 32 \ 24 \ 8 \ 5$



Среднее значение признака встречается чаще, а вариации, значительно отличающиеся от него, — значительно реже. Это называется *нормальным распределением*.

Кривая на графике бывает, как правило, симметричной. Вариации, как большие, чем средние, так и меньшие, встречаются одинаково часто.

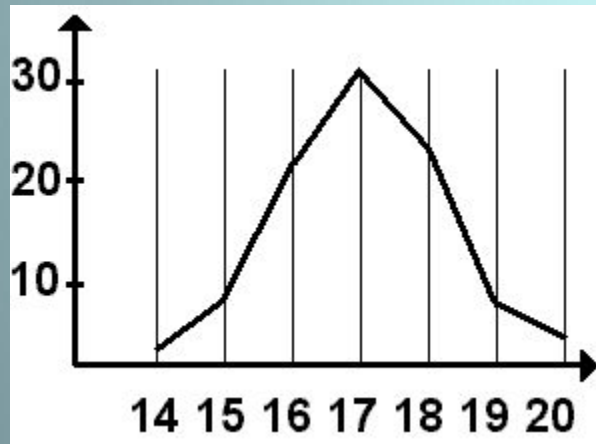
## Модификационная изменчивость

Легко посчитать и среднее значение данного признака. Для этого используют формулу:

$$M = \frac{\sum (vp)}{n}$$

где М — средняя величина признака, в числителе сумма произведений вариант на их частоту встречаемости, в знаменателе — количество вариант. Для данного признака среднее значение равно 17,13.

Знание закономерностей модификационной изменчивости имеет большое практическое значение, поскольку позволяет предвидеть и заранее планировать степень выраженности многих признаков организмов в зависимости от условий внешней среды.



Онтогенетическая изменчивость  
отражает закономерные изменения в  
ходе индивидуального развития  
организма. Причина в  
функционировании различных  
наборов генов на разных этапах  
онтогенеза

# Свойства модификационной изменчивости

- НЕ ПЕРЕДАЕТСЯ ПО НАСЛЕДСТВУ
- ВОЗНИКАЕТ ПОСТЕПЕННО, ИМЕЕТ ПЕРЕХОДНЫЕ ФОРМЫ
- НОСИТ ГРУППОВОЙ ХАРАКТЕР
- ВОЗНИКАЕТ НАПРАВЛЕННО
- ЯВЛЯЕТСЯ ОПРЕДЕЛЕННОЙ
- ЯВЛЯЕТСЯ ОБРАТИМОЙ

# Выводы

- Различные признаки отличаются пределами изменчивости под влиянием внешних условий
- Норма реакции определяется генотипом
- Модификационная изменчивость в естественных условиях носит приспособительный характер
- Значение закономерностей модификационной изменчивости имеет большое практическое значение, так как позволяет предвидеть и заранее планировать многие показатели.

Наследственная генотипическая,  
неопределённая, индивидуальная.

Выделяют:

- комбинативную,
- мутационную.

Подчиняется закону гомологических  
рядов.

Соотносительная коррелятивная  
возникает в результате свойства  
генов влиять на формирование двух  
и более признаков (плейотропия)



На формирование качественных и количественных признаков оказывает влияние среда.

Условия среды действуют как на генотип, так и на фенотип.

Фенотип каждой особи есть результат проявления генотипа в конкретных условиях среды.

Странный объект  
на речке растёт,  
Нижние листья  
вода изовьёт,  
Средний – на воду  
уложит как плот,  
Верхний же – к небу  
стрелой скользнет



## Модификационная изменчивость



Большую роль в формировании признаков организмов играет среда его обитания. Каждый организм развивается и обитает в определенной среде, испытывая на себе действие ее факторов, способных изменять морфологические и физиологические свойства организмов, т. е. их фенотип.

Классическим примером изменчивости признаков под действием факторов внешней среды является **разнолистность у стрелолиста**: погруженные в воду листья имеют лентовидную форму, листья, плавающие на поверхности воды, — округлую, а находящиеся в воздушной среде, — стреловидные. Если же все растение оказывается полностью погруженным в воду, его листья только лентовидные.

## Задание:

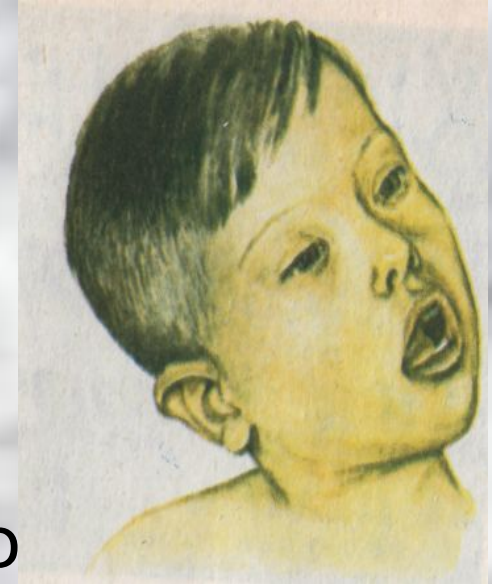
Почему так удивительно данное растение? Какой вид изменчивости здесь проявляется? Что можно сообщить о наследовании её? Каково её биологическое значение?

“Клод...вытянул ребёнка из мешка, обнаружил, что это действительно уродец. У бедного маленького чертенка на левом глазу оказалась бородавка, голова ушла в плечи, позвоночник был изогнут, грудная клетка выпячена, ноги искривлены”.



*Задание:*

Какой вид изменчивости представлен на рисунках, описан в романе? Возможно ли исправление подобных “ошибок природы”? Почему?



а голос старого го

“Они кричат – кривы мои бока.  
Они кричат, что я – смешной урод”.  
Что ж, дрогнула Горшечника рука?  
(Омар Хайям)

Каждое пятилетие в мире издаётся каталог  
аутосомнодоминантных,  
аутосомнорецессивных и сцепленных с полом  
наследственных заболеваний человека и  
каждый раз этот список увеличивается.

*Задание:*

Соотнесите смысл слов Омара Хайяма и данные о наследственных заболеваниях людей. В чем причины происходящего?



## Причины мутаций:

- физические (ионизирующие излучения, ультрафиолетовое излучение, повышение температуры и т.д.)
- химические (яды, некачественная пища, просроченные лекарства и др.)
- биологические (вирусы).

Необходимо уменьшить влияние мутагенных факторов. Вредные привычки, как один из разновидностей мутагенных факторов, – зависят только от каждого из нас.

В тебе прокиснет кровь твоих отцов и  
дедов.

Стать сильным, как они, тебе не суждено.

На жизнь, её скорбей и счастья не  
изведав,

Ты будешь, как больной, смотреть через  
окно.

И кожа сохнет, и мышцы ослабеют,

И скука въестся в плоть, желания губя.

И в черепе твоём мечты окостенеют,

И ужас из зеркал посмотрит на тебя.

# Изменчивость

## Сравнение модификаций и мутаций

Признак	Модификации	Мутации
Определение	Конкретные изменения признака, возникшие под влиянием факторов внешней среды	Случайно возникшие стихийные изменения генотипа
Суть явления	Прямое изменение признака	Изменение гена или хромосомы
Частота появления	Возникают массово	Единичны
Направленность	Характеризуются направленностью	Носят ненаправленный характер
Значение	Полезны, имеют приспособительное значение	Могут быть вредными, полезными, нейтральными
Могут ли наследоваться	Не наследуются	Наследуются

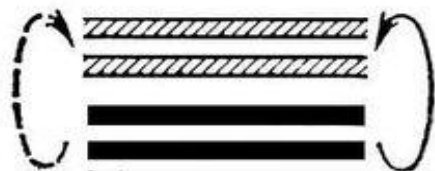
# Генотипическая изменчивость

- Комбинативна  
я

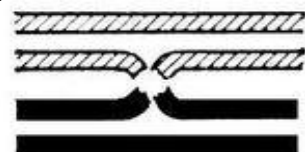
## Мутационная

- *Генная*
- *Хромосомна  
я*
- *Геномная*

# Комбинативная



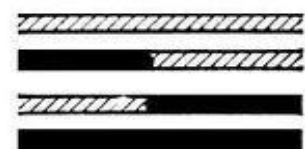
1. Спаривание и скручивание



2. Разрыв двух хроматид



3. Перекрестное воссоединение разорванных хроматид



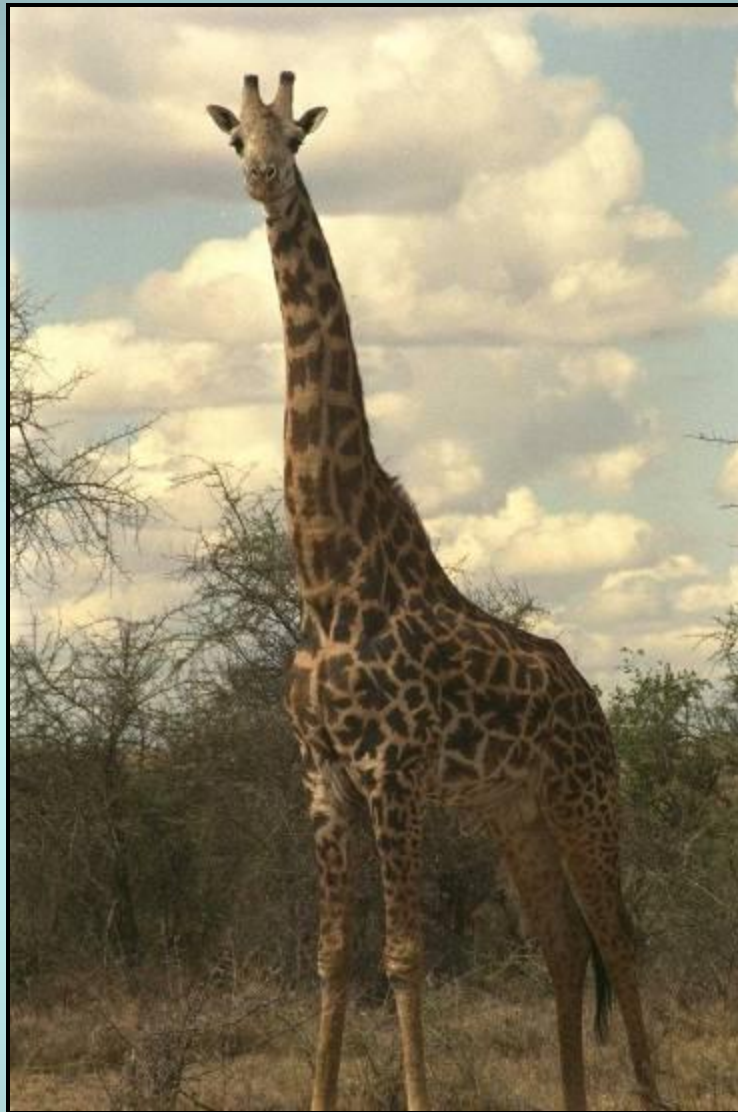
4. Продукты кроссинговера



# Комбинативная изменчивость

- изменчивость, в основе которой лежит образование рекомбинаций, т. е. таких комбинаций генов, которых не было у родителей.

В основе комбинативной изменчивости лежит **половое размножение** организмов, вследствие которого возникает огромное разнообразие генотипов.



У копытных животных длина шеи и длина ног – признаки, наследуемые вместе.

# Источники генетической изменчивости

- Независимое **расхождение гомологичных хромосом** в первом мейотическом делении.
- Взаимный обмен участками гомологичных хромосом, или **кроссинговер**.  
Рекомбинантные хромосомы, оказавшись в зиготе, способствуют появлению признаков, нетипичных для каждого из родителей.
- **Случайное сочетание** гамет при оплодотворении.



# Мутации

(от лат. *mutatio* – изменение,  
перемена)

это внезапные наследуемые изменения  
генетического материала, приводящие к  
изменению тех или иных признаков  
организма.



Процесс возникновения  
мутаций называют  
**мутагенезом**

Организмы, у которых  
произошли мутации –  
**мутантами**

Факторы среды,  
вызывающие мутации –  
**мутагенами**

# Мутационная теория

Г. Де Фриз в 1901—1903

гг.

- ❑ Мутации возникают внезапно, скачкообразно, как дискретные изменения признаков.
- ❑ Это качественные изменения, которые передаются из поколения в поколение.
- ❑ Мутации проявляются по-разному и могут быть как полезными, так и вредными.
- ❑ Вероятность обнаружения мутаций зависит от числа исследованных особей.
- ❑ Сходные мутации могут возникать повторно.
- ❑ Мутации ненаправленны (спонтанны), т. е. мутировать может любой участок хромосомы.

# Классификация мутаций:

1. По характеру изменения генома

## Мутации

### Генные

(изменение структуры гена)

- изменение ДНК
- нарушение порядка нуклеотидов

### Геномные

(изменение количества хромосом в кариотипе)

- эуплоидия
- анеуплоидия:
  - \* трисомия
  - \* моносомия

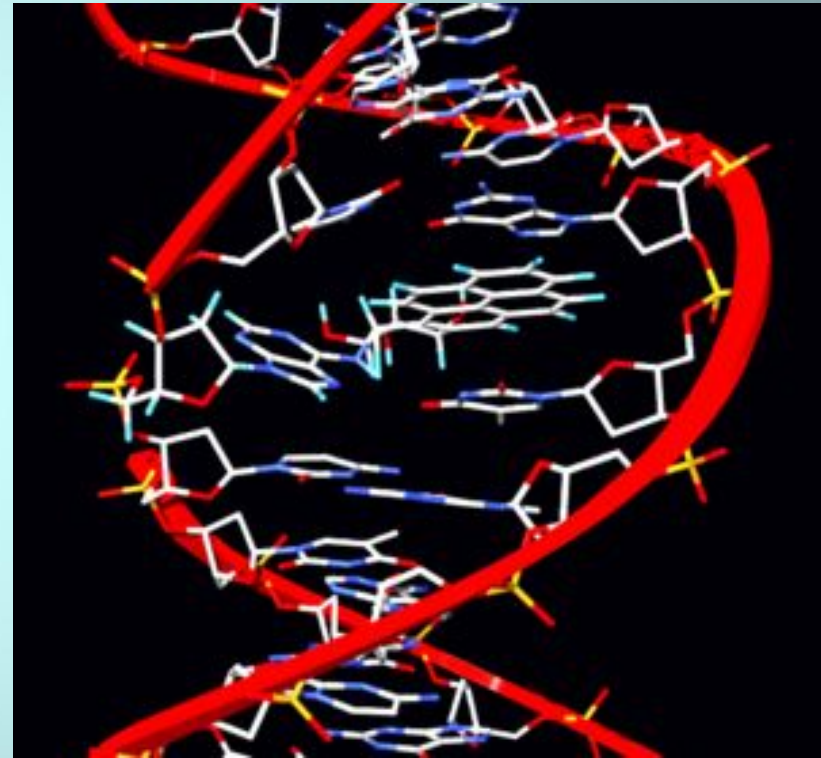
### Хромосомные

(изменение структуры хромосом)

- потеря участка хромосом
- Удвоение фрагмента хромосом
- поворот части хромосом на 180\*

# Генные мутации

- Возникают при повреждении или нарушениях в порядке или замене нуклеотидов, появлении внутренней дупликации или делеции в молекуле ДНК.
- Эти изменения отдельных генов часто приводят к тяжелым дегенеративным заболеваниям, в частности, многочисленным болезням **обмена веществ** через нарушения синтеза белков, ферментов.



# Молекулярные механизмы возникновения генных мутаций

1. Ошибки ДНК-полимеразы
2. Таутомеризация азотистых оснований
3. Встраивание аналогов азотистых оснований (5-бромурацил, 2-аминопурин)
4. Дезаминирование азотистых оснований
5. Алкилирование азотистых оснований
6. Разрыв фосфодиэфирных связей
7. Апуринизация (разрыв гликозидной связи)
8. Воздействие интеркалирующих агентов (акридиновые красители, этидиум бромид и др.)
9. Формирование тиминовых димеров

# Генные мутации

## Серповидноклеточная анемия

- ❑ Наследственное заболевание, приводящее к смерти детей и подростков.
- ❑ В эритроцитах вместо нормального гемоглобина А содержится аномальный гемоглобин S.
- ❑ Аномалию вызывает мутация в шестом нуклеотидном триплете ДНК гена **гемоглобина**, что приводит к замене в альфа-цепи белка гемоглобина глутаминовой (ГЛУ) кислоты на валин (ВАЛ).

(ГЛУ) →  
(ВАЛ)

# Генные мутации

## фенилкетонурия

Я

- ❑ Наследственное заболевание обнаруживаемая у одного из 10 000 новорожденных.
- ❑ Заболевание характеризуется резко выраженной умственной отсталостью, развивающейся вследствие нарушения нормальных биохимических процессов в мозге из-за накопления в организме



# ГЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

ГЕМОФИЛ  
ИЯ



ДАЛЬТОНИЗМ



АЛЬБИНИЗМ

# Хромосомные мутации

**Делеция** - это *потеря* участка хромосомы.

**Дупликация** – это *удвоение* участка хромосомы.

**Инверсия** – это *поворот* участка хромосомы на  $180^\circ$ .

**Транслокация** - *обмен* участками негомологичных хромосом.

**Слияние** двух негомологичных хромосом в одну.

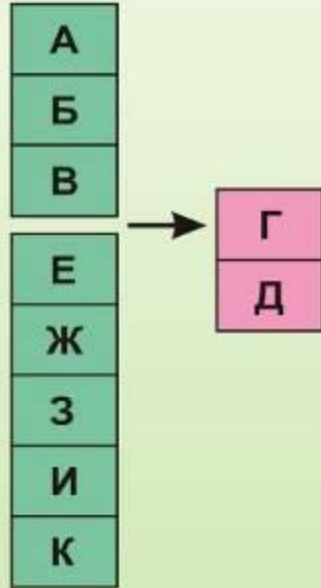
Нормальная  
хромосома



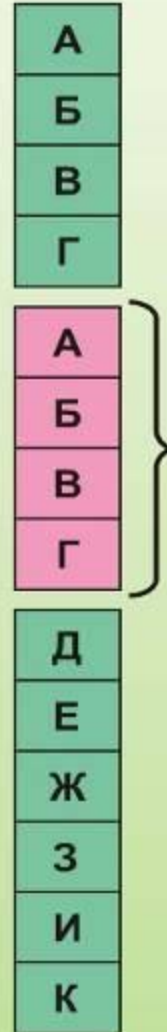
Утрата



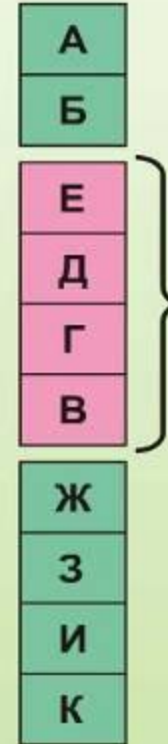
Делеция



Дупликация



Инверсия



Транслокация



**Хромосомные мутации**

# Геномные мутации

**Геномными** называют мутации, приводящие к изменению числа хромосом.

- **Полиплоидия** – кратное изменение числа хромосом ( $3n$ ,  $4n$ ,  $5n$ ,  $6n$  и т. д. до 10–12раз). Много полиплоидов среди растений, они часто характеризуются более мощным ростом, крупными размерами, выносливостью.
- **Анеуплоидия** – некратное изменение числа хромосом ( $2n + 1$ ;  $2n - 1$ ;  $2n + 2$ ;  $2n - 2$ ;  $2n + 3$  и т.д.) Пример: синдром Дауна

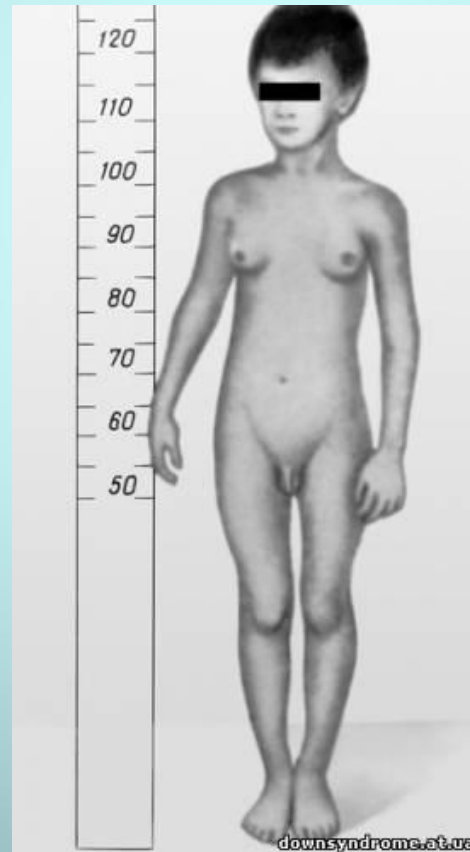
# Геномные мутации

Синдром Дауна



Синдром Шерешевского-Тернера

Синдром Клайнфельтера



# Классификация мутаций:

## 2. По месту возникновения:

### Генеративные

( в половых  
клетках)

Обнаруживаются  
только в следующем  
поколении

### Соматические

( в клетках тела)

Проявляются у  
данного организма  
и не передаются  
потомству при  
половом  
размножении

# *Классификация мутаций:*

## 3. По характеру проявлений:

- доминантные
- рецессивные

# По характеру проявления мутации могут быть

- Доминантными (проявляющимися чаще).
- Рецессивными (проявляющимися реже).
- Если доминантная мутация является вредной, то она может вызвать гибель ее обладателя на ранних этапах онтогенеза.
- Рецессивные мутации не проявляются у гетерозигот, поэтому длительное время сохраняются в популяции в «скрытом» состоянии и образуют резерв наследственной изменчивости.
- При изменении условий среды обитания носители таких мутаций могут получить преимущество в борьбе за существование.



# Классификация мутаций:

## 4. По значению:

- Летальные

- Нейтральные

- Полулетальные

- Полезные

# Классификация мутаций:

## 5. По причинам:

- **Спонтанные**

- *В естественных условиях*
- *Под действием мутагенных факторов*
- *Без вмешательства человека*
- *Являются исходным материалом для естественного отбора*

- **Индукцированные**

- *При направленном воздействии мутагенного фактора*
- *С Вмешательством человека*
- *Является исходным материалом для искусственного отбора*

# Факторы, вызывающие мутации (мутагенные)

## Физические

- Излучение
- Температура

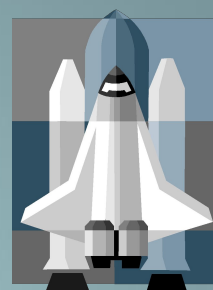
## Химические

- Формалин
- Лекарства
- Аналоги азотистых оснований

## Биологические

- Вирусы
- Бактерии

# Откуда берется мутаген?

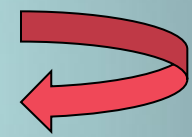
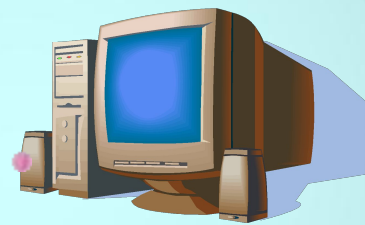
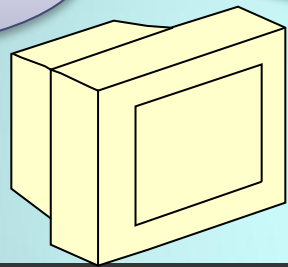
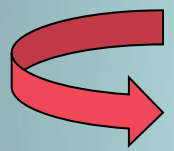


излучение

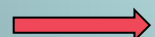
радиоактивное

рентгеновское

ультрафиолетовое



Солнце, УЗИ, флюорография, рентгенологическое обследование, компьютер, сотовый телефон, бытовая техника (СВЧ, телевизор)



ДНК



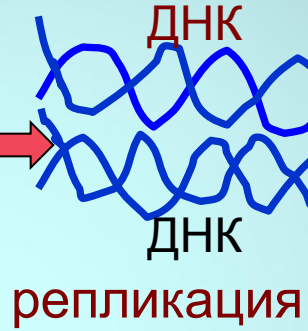
Поврежденная ДНК



мутация

# Химические мутагены

- 1. Соли ртути;
- 2. Соли свинца;
- 3. Формалин;
- 4. хлороформ;
- 5. Акридиновые красители.



делеция

транслокация



ген

Биологические (живые организмы)

# Образование мутаций

**Мутагенные факторы**



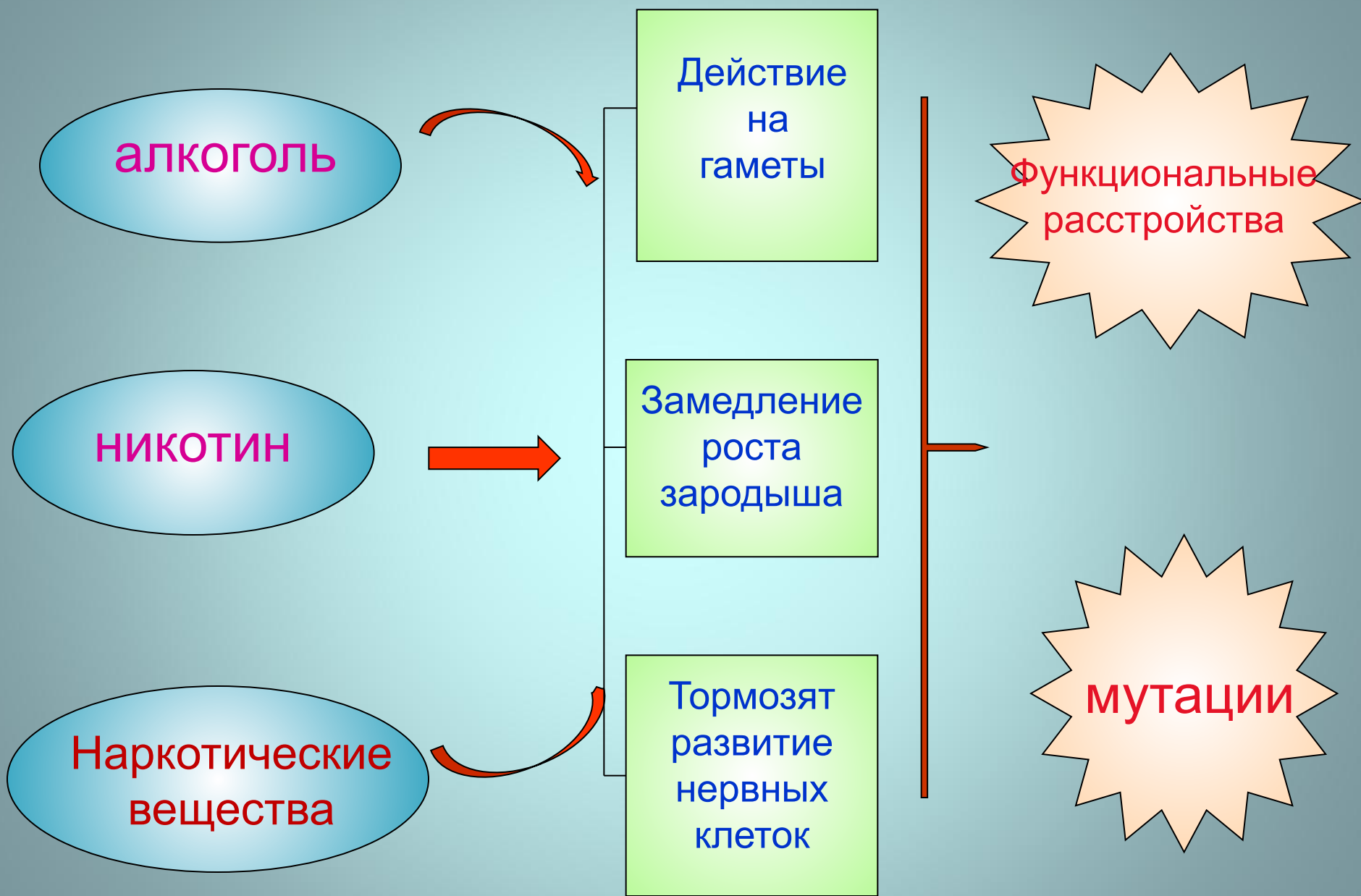
**Мутации**



**Изменение структуры хромосом и генов**



**Изменение строения и свойств организма**



# Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости

Н.И. Вавилов, 1920 г.

Виды и роды, генетически сходные, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение таких же форм у других родов и видов.





**ВАВИЛОВ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ**