

# **Генетика групп крови**

## **Система АВО**

**Явление  
множественного  
аллелизма**

# Актуальность понимания генетики групп крови

***Самая распространенная трансплантация – трансплантация крови.***

- ***Переливание крови - серьезная операция по трансплантации*** живой ткани человека. Этот метод лечения широко распространен в клинической практике. Переливание крови применяют врачи различных специальностей: хирурги, акушеры-гинекологи, травматологи, терапевты и т. д.

# Трансплантация крови - трансфузия

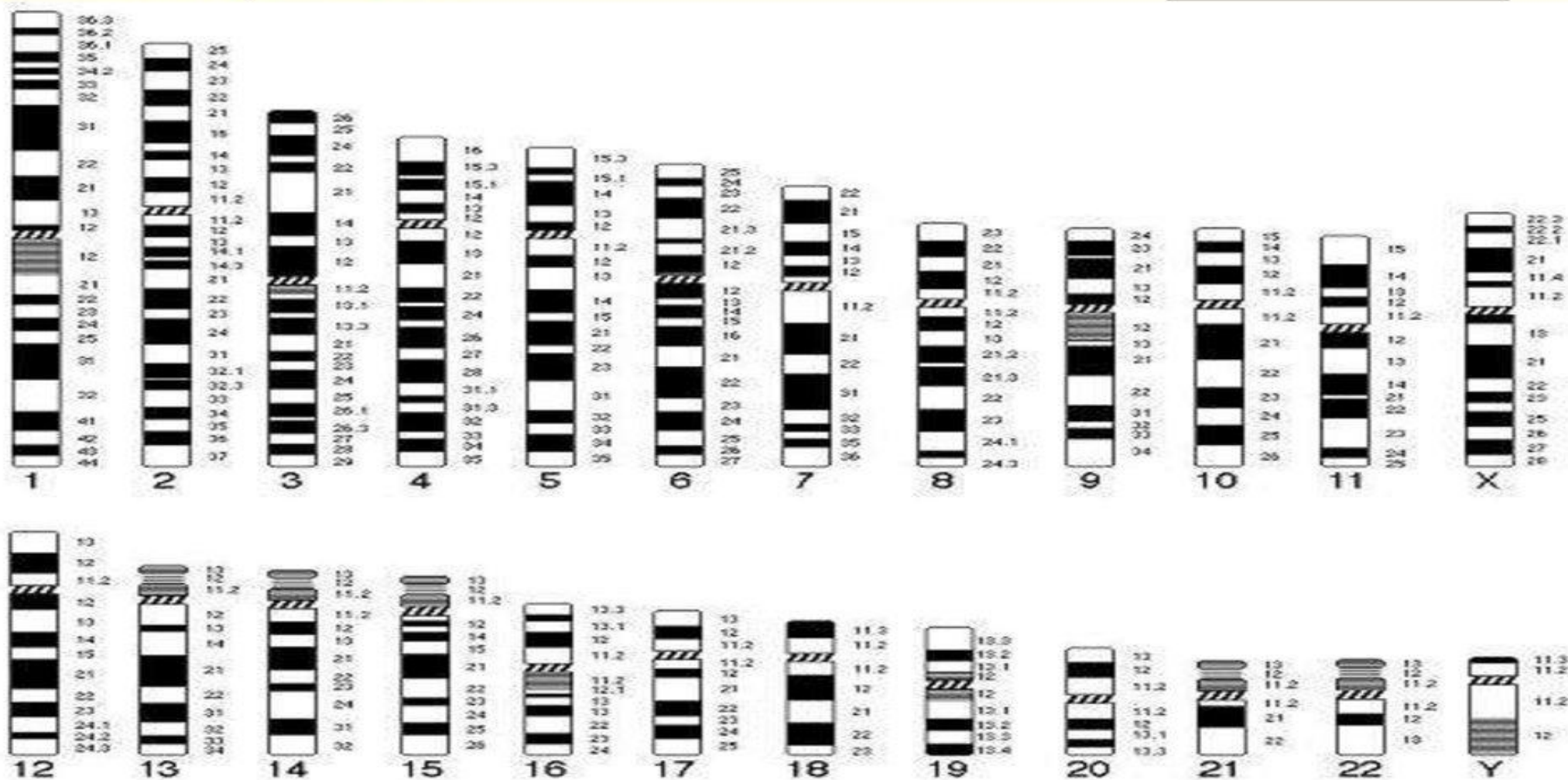
Врач, производящий трансфузию, обязан независимо от проведенных ранее исследований и имеющихся записей лично провести следующие контрольные исследования:

- 1) определить групповую принадлежность крови реципиента по системе АВ0 и сверить результат с данными истории болезни;
- 2) определить групповую принадлежность эритроцитов донора и сопоставить результат с данными на этикетке контейнера или бутылки;
- 3) провести пробы на совместимость в отношении групп крови донора и реципиента по системе АВ0 и резус-фактору;
- 4) провести биологическую пробу.

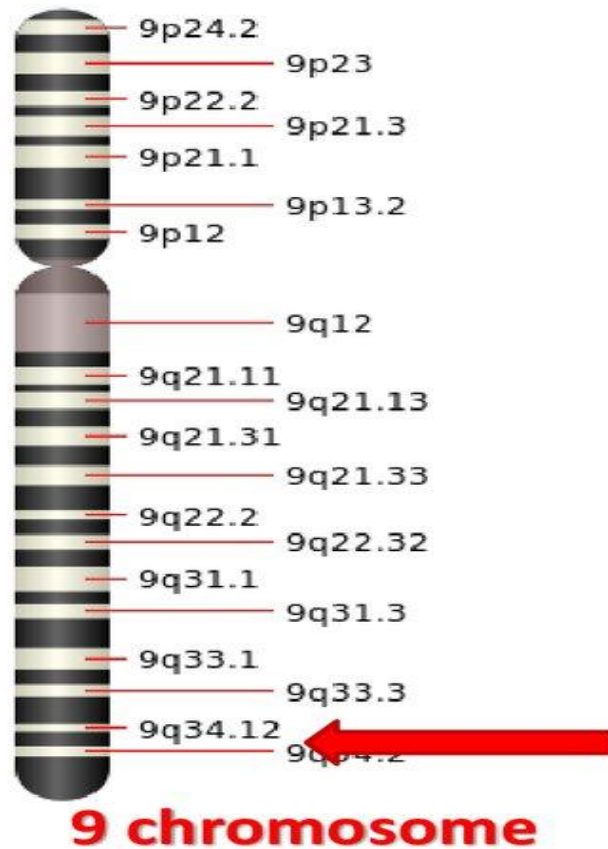
# Показания и противопоказания

- **Запрещается** переливание донорской крови и ее компонентов, не исследованных на СПИД, поверхностный антиген гепатита В и сифилис. Переливание крови и ее компонентов производится с соблюдением правил асептики одноразовыми пластиковыми системами. Полученная от донора кровь (обычно в объеме 450 мл) после добавления консервирующего раствора может храниться в холодильнике при температуре 4-8°C не более 21 дня. Замороженные при температуре жидкого азота (-196°C) эритроциты могут храниться годами.
- **Допускается** переливание цельной крови и ее компонентов только той группы и резус-принадлежности, которая имеется у реципиента. В исключительных случаях допускается переливание резус-отрицательной крови группы O(I) («универсальный донор») реципиенту с любой группой крови в количестве до 500 мл (за исключением детей). Кровь резус-отрицательных доноров A (II) или B (III) можно переливать не только совпадающим по группе реципиентам, но и реципиенту с АВ (IV) группой независимо от его резус-принадлежности. Больной с АВ (IV) группой резус-положительной крови может считаться «универсальным реципиентом».

# Схематическое изображение хромосом при G-окрашивании в соответствии с международной классификацией



# Генетика групп крови



## ГЕН

### группы крови системы АВО

Ген группы крови по системе АВО расположен в длинном плече **9 хромосомы** (9q34).

У гена группы крови АВО есть минимум **3 аллели**:

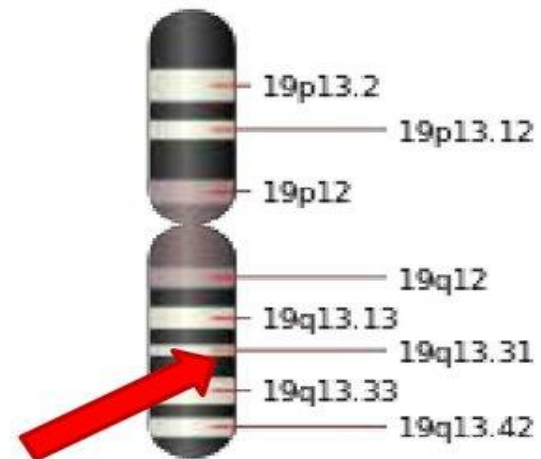
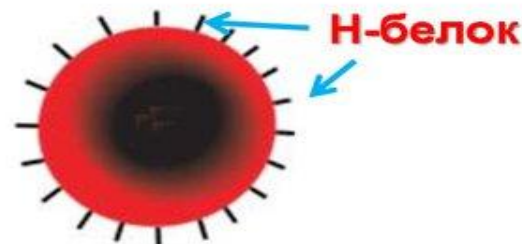
**$I^A$ ,  $I^B$ , and  $i$  ( $I^0$ ).**

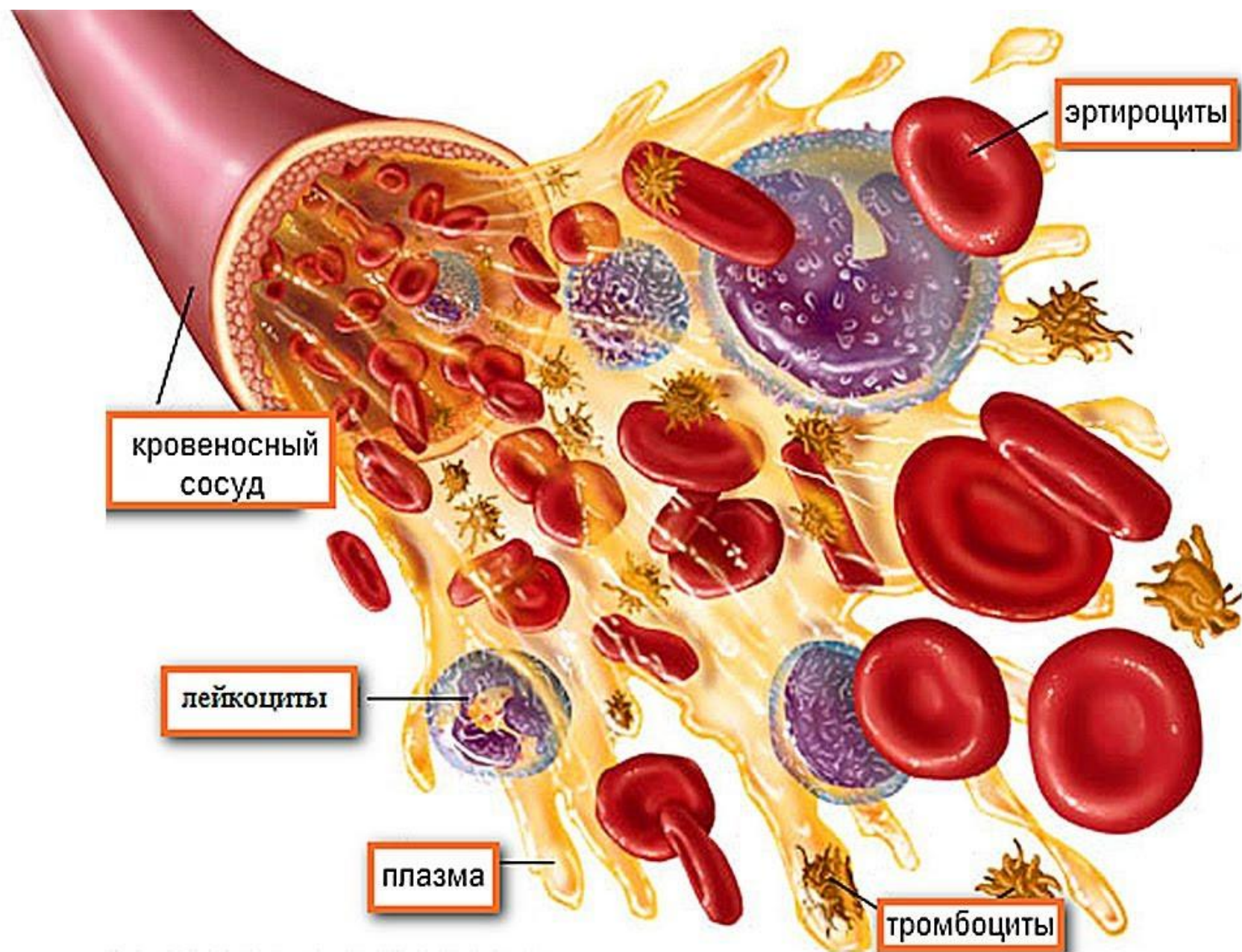
# Генетика групп крови

- Аллели (9 хромосомы) управляют синтезом ферментов, которые катализируют соединение специфических углеводных остатков с определенным белком (H белок) в мембранах эритроцитов.
- **Углеводный компонент с белком называется АНТИГЕН**

## H-белок

Структура данного белка закодирована в **19 хромосоме (19q13.2)**





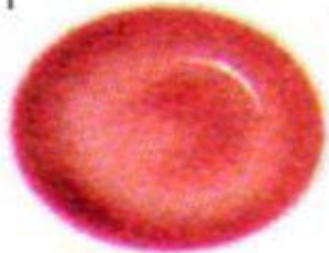


# Особенности строения эритроцитов

## Эритроциты – красные клетки крови

### Строение

7  $\mu\text{m}$



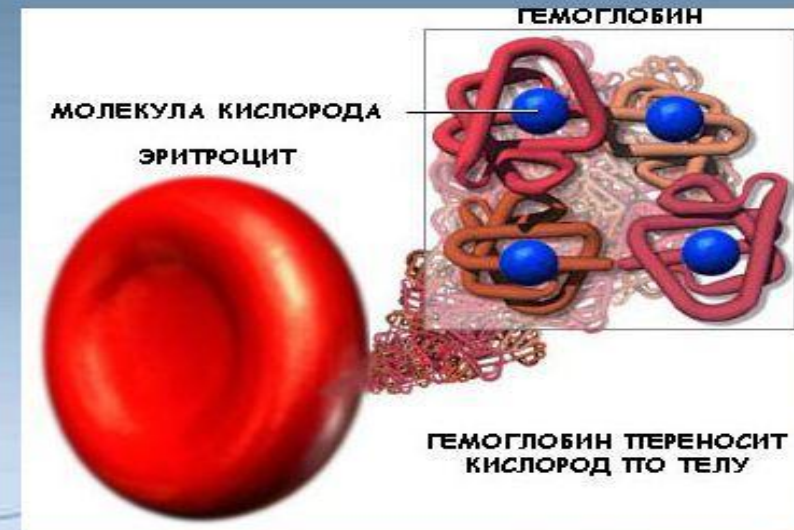
Сверху эритроцит  
выглядит как диск



В боковой проекции эритроцит  
имеет двояковогнутую форму

В 1 мм<sup>3</sup> –  
3,7-5,4  
млн.

### Химический состав



# Антиген-Антитело

**Агглютиногены** (склеиваемые вещества) – вещества белковой природы обнаруженные в эритроцитах. У людей их существует два вида: **A** и **B**.

**Агглютинины** (склеивающие вещества) – вещества обнаруженные в плазме крови. У людей их существует два вида:  **$\alpha$**  и  **$\beta$** .

Агглютинин  **$\alpha$**  склеивает эритроциты с агглютиногеном **A**, а агглютинин  **$\beta$**  склеивает эритроциты с агглютиногеном **B**.

# Агглютиноген - Агглютинин

## Белки крови

Агглютиногены

Агглютинины

(склеиваемые вещества)  
(склеивающие вещества)

В эритроцитах

**A, B**


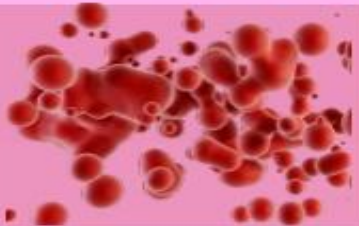
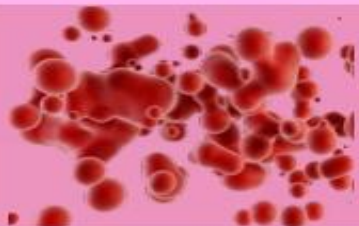
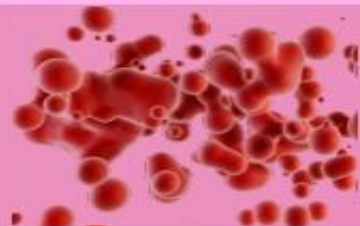


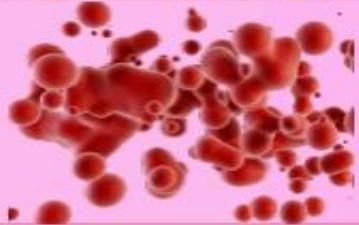
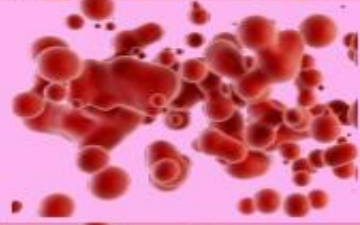

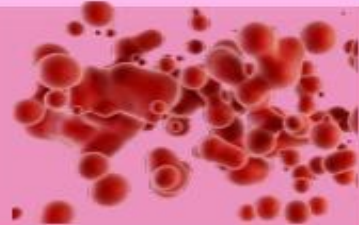

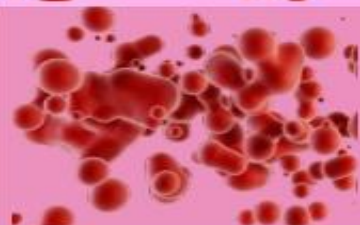





(склеивающие)

В плазме

,



# Определение групп крови АВО

	I O	II A	III B	IV AB
I				
II				
III				
IV				 

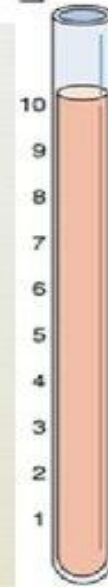
# Кровь. Получение



**Плазма** - жидкая часть крови *in vivo*

**Сыворотка** - жидкая часть свернувшейся крови

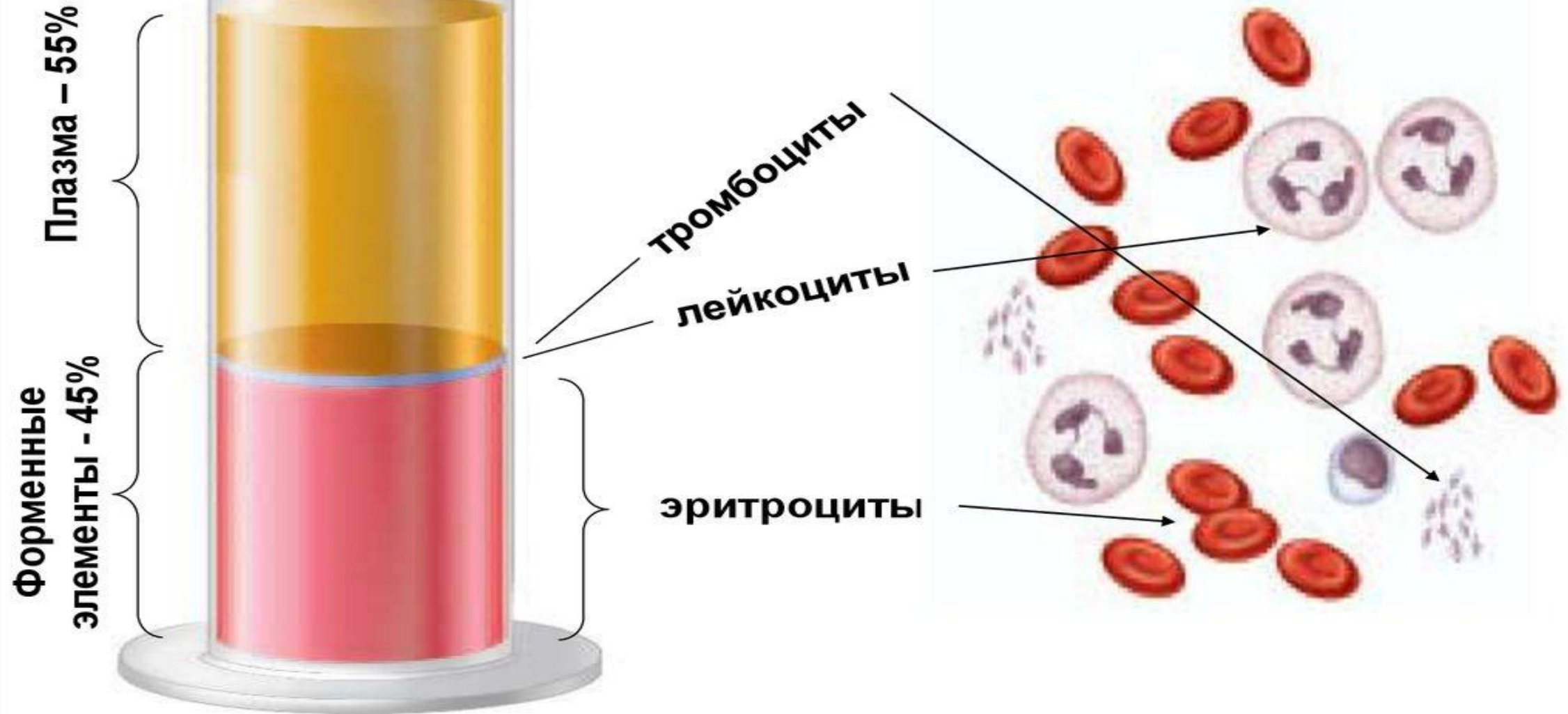
**Гематокрит** - отношение объемов плазмы и форменных элементов



# Центрифугирование



# Состав крови





# Плазма крови



Плазма крови состоит из воды, в которой растворены вещества — белки (7—8 % от массы плазмы) и другие органические и минеральные соединения. Основными белками плазмы являются альбумины — 4—5 %, глобулины — 3 % и фибриноген — 0,2—0,4 %. В плазме крови растворены также питательные вещества (в частности, глюкоза и липиды), гормоны, витамины, ферменты и промежуточные и конечные продукты обмена веществ, а также неорганические ионы.

В среднем 1 литр плазмы человека содержит 900—910 г воды, 65—85 г белка и 20 г низкомолекулярных соединений. Плотность плазмы составляет от 1,025 до 1,029, pH — 7,34—7,43.



## Группы крови (по системе АВ0)

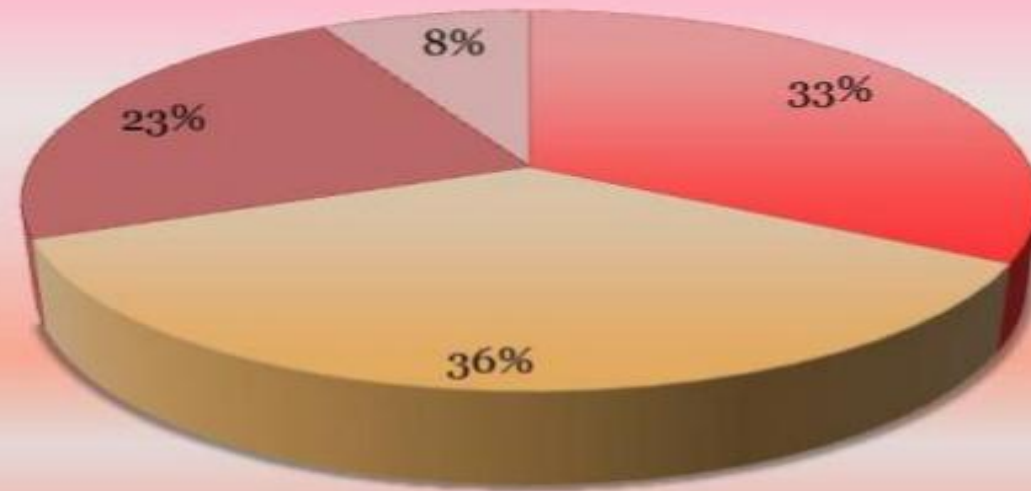
Группа крови	Агглютиногены	Агглютинины
I (0)	—	$\alpha$ и $\beta$
II (A)	A	$\beta$
III (B)	B	$\alpha$
IV (AB)	A и B	—

# Первая группа крови - самая древняя

## Распространённость групп крови в России

Группы крови

■ I ■ II ■ III ■ IV



## Группы крови системы АВ0

Группы  
крови

I  
(0)

II  
(A)

III  
(B)

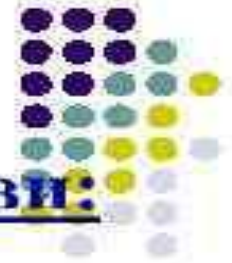
IV  
(AB)

Агглютиноге  
ны  
в  
эритроцитах



Агглютинины  
в плазме





Possible alleles from female

	<b>J<sup>A</sup></b>	or	<b>J<sup>B</sup></b>	or	<b>J<sup>O</sup></b>
Possible alleles from male	<b>J<sup>A</sup></b>	<b>J<sup>A</sup>J<sup>A</sup></b>	<b>J<sup>A</sup>J<sup>B</sup></b>	<b>J<sup>A</sup>J<sup>O</sup></b>	
	or				
	<b>J<sup>B</sup></b>	<b>J<sup>A</sup>J<sup>B</sup></b>	<b>J<sup>B</sup>J<sup>B</sup></b>	<b>J<sup>B</sup>J<sup>O</sup></b>	
or					
<b>J<sup>O</sup></b>	<b>J<sup>A</sup>J<sup>O</sup></b>	<b>J<sup>B</sup>J<sup>O</sup></b>	<b>J<sup>O</sup>J<sup>O</sup></b>		

## Группы крови:

I (0)

II (AA, AO)

III (BB, BO)

IV (AB) -  
*кодоминирование*

Blood types

A

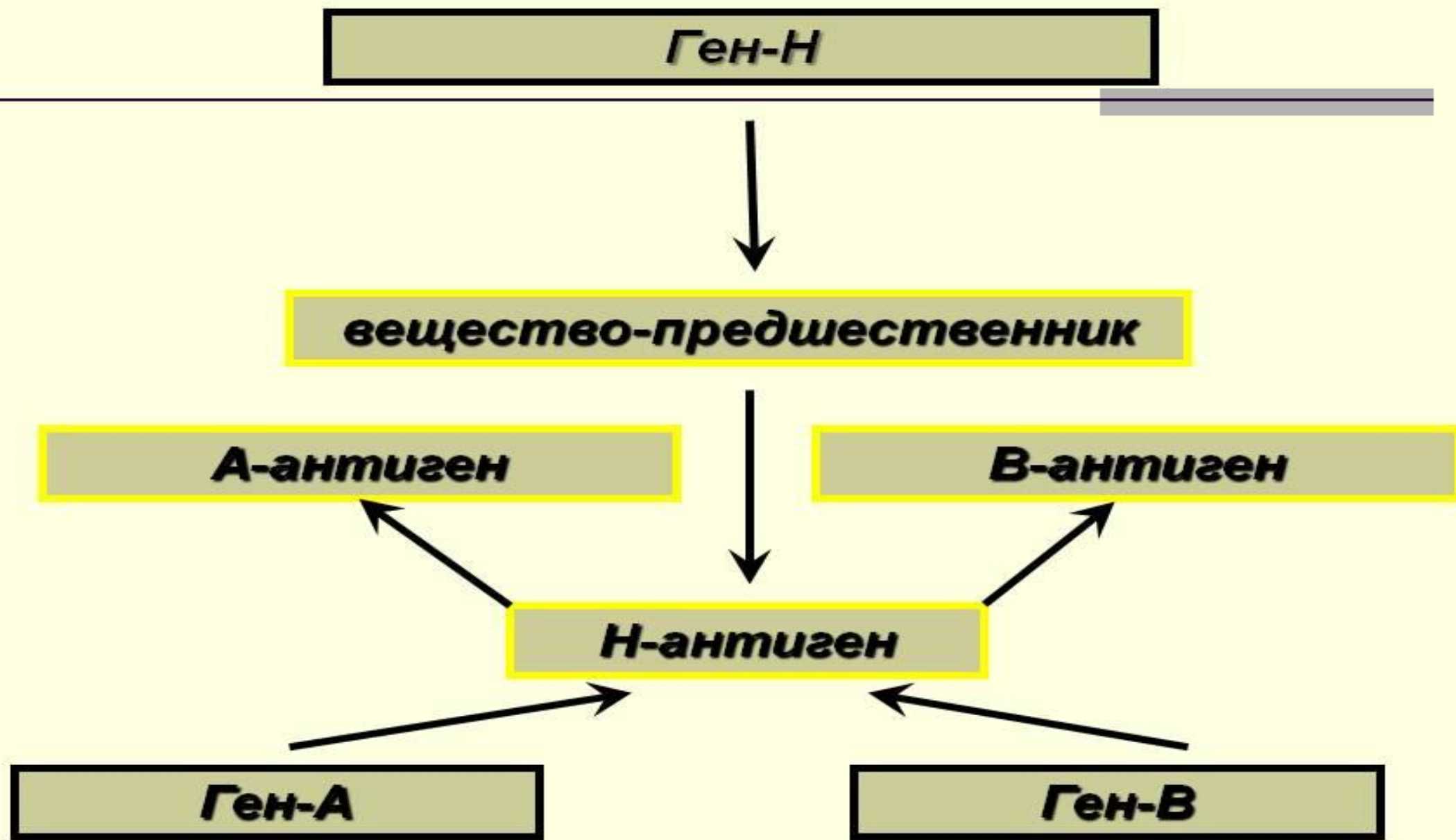
AB

B

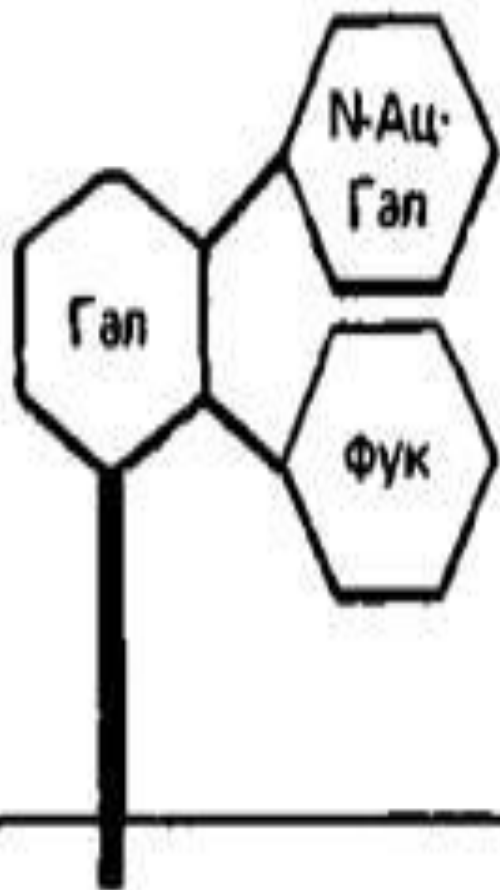
O

## *Множественный аллелизм*

на примере наследования групп крови по системе АВО.



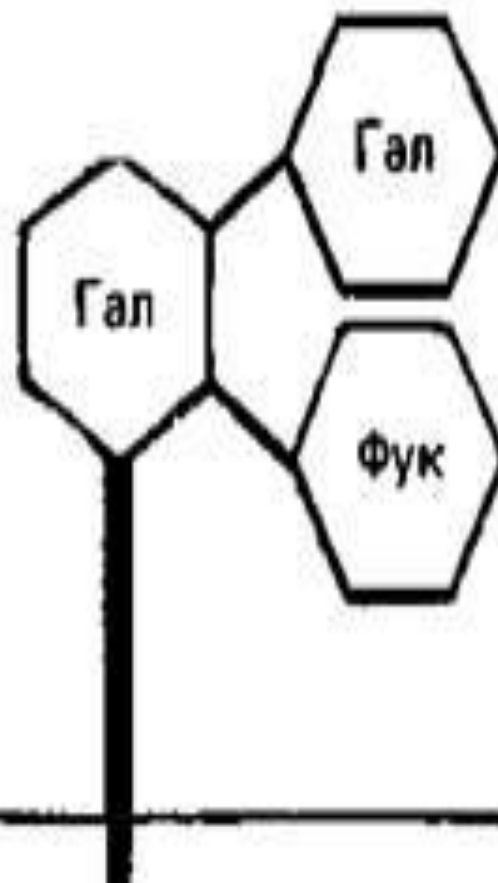
Группа А  
А-вещество



Группа 0  
H-вещество



Группа В  
В-вещество



Ген А

Ген В

Олигосахарид

Церамид

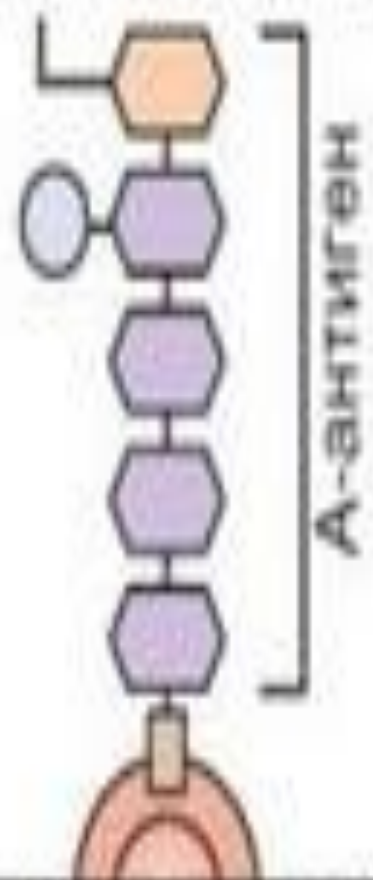
Клеточная мембрана

Немодифицированный N-антиген



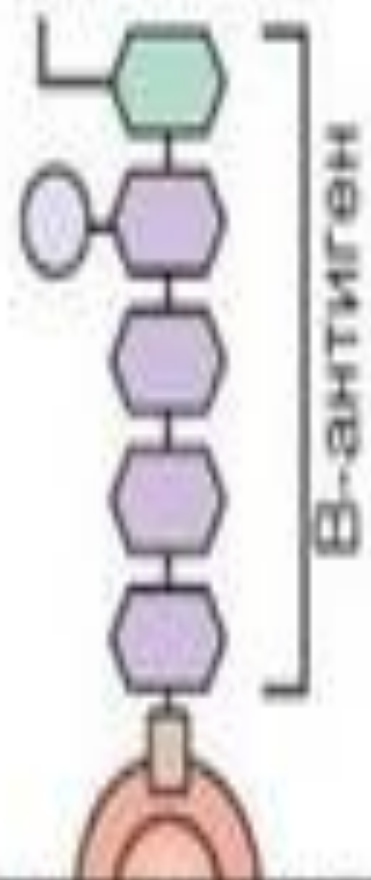
Группа крови 0

N-антиген галактозамины



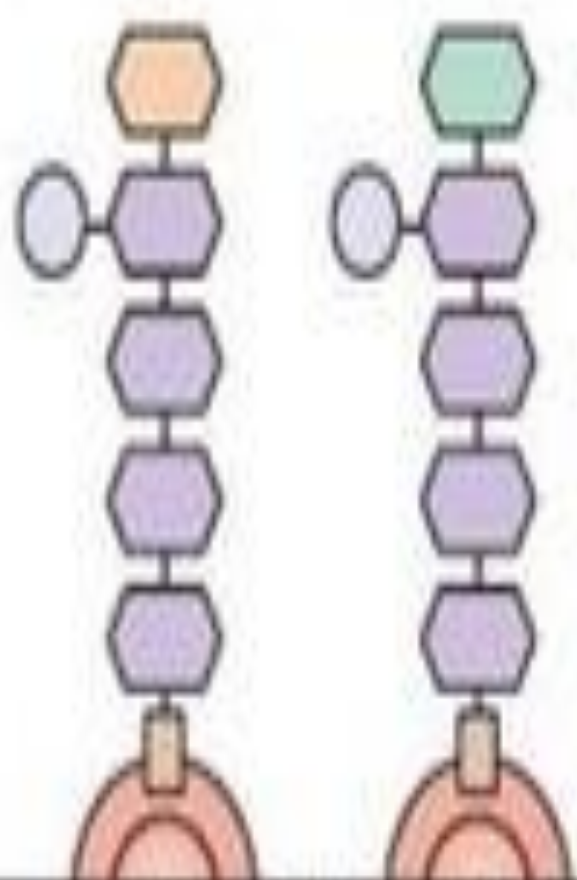
Группа крови A

Галактоза



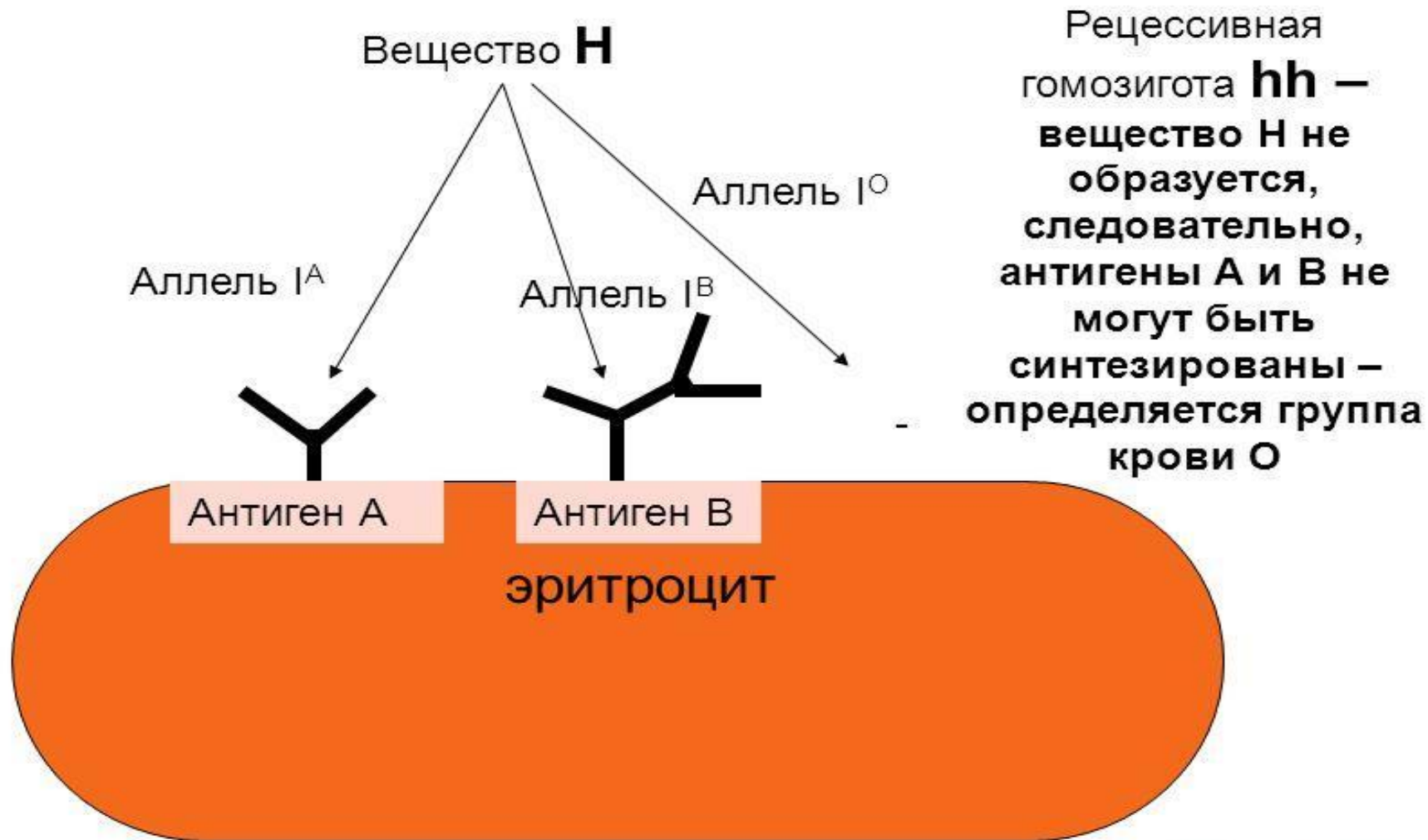
Группа крови B

A-антиген + B-антиген



Группа крови AB

# Пример рецессивного эпистаза: Бомбейский феномен





## Задача 9

- Группы крови у человека определяются серией из 3-х аллелей:  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $I^O$ . У женщины, имеющей II группу крови, и мужчины, имеющего III группу крови, родился ребенок с I группой крови. Какие группы крови могут быть у их следующих детей?

# Задача

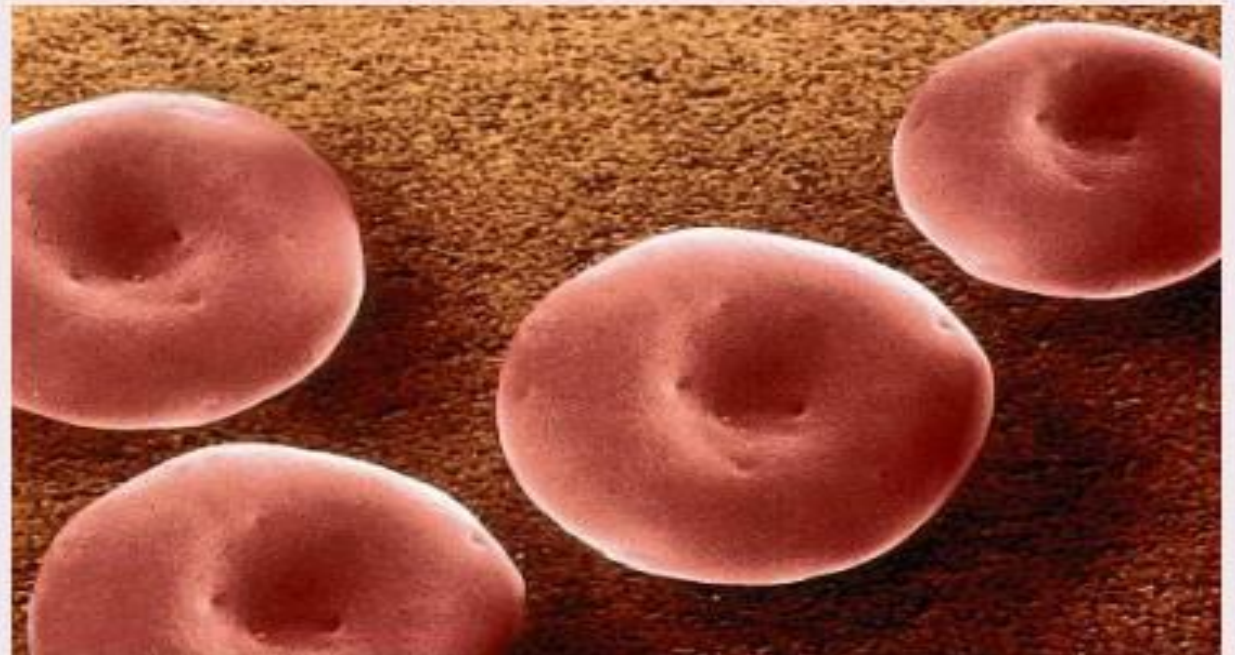
- В семье, где родители имеют группы крови **A** и **B**, есть ребенок с группой **O**.
- Определить генотипы родителей и возможные группы крови всех их детей.

# Решите задачу на наследование групп крови

**P** ♀ .. **X** ♂ ..  
**I гр.** **IV гр.**



**F1** ?



# Закрепление материала

- **Развиваем логику мышления:**
  - Мама имеет 2 группу крови, папа 3, а все дети 4 группу. Каковы генотипы родителей?
  - Мама гомозиготна по 2 группе крови, а папа имеет 1 группу крови. Какова группа крови будет у детей?
  - У отца 4 группа, у мамы 1 группа. Может ли ребенок унаследовать группу крови своего отца?

## " БОМБЕЙСКИЙ ФЕНОМЕН "

Фенотип родителей:	II группа		I группа
Генотип родителей:	P: ♀ $I^A I^A Hh$	х	<u>♂ <math>I^B I^B hh</math></u>
Гаметы родителей:	G: $I^A H, I^A h$		$I^B h$
Генотипы потомков:	$F_1: I^A I^B Hh - 50\%$		<u><math>I^A I^B hh - 50\%</math></u>
Фенотипы потомков:	VI группа		I группа

**Резус-фактор – особый белок  
(агглютиноген),  
обнаружен в крови человека и макак-  
резусов, 1940 год**

**Rh +**

**Резус- положительная  
кровь содержит этот белок  
85 % людей на планете**

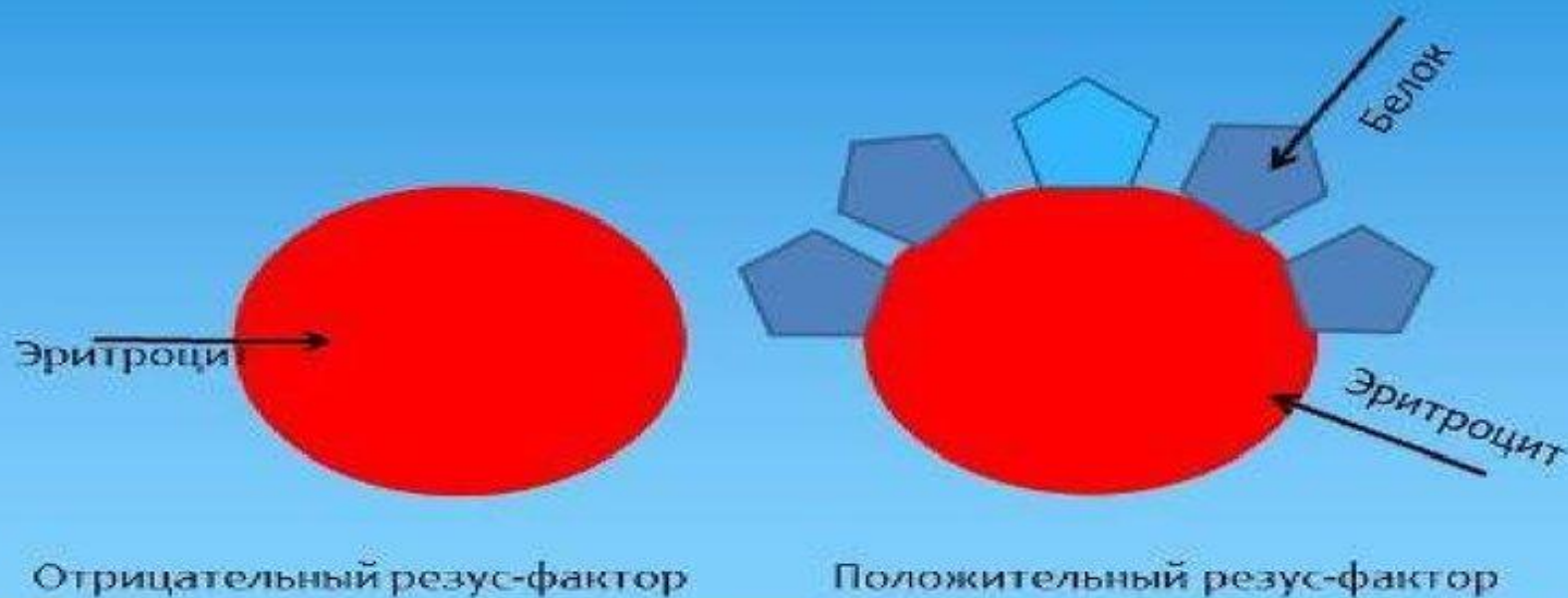
**Rh –**

**Резус – отрицательная  
кровь  
не содержит этот белок  
15 % людей на планете**

- Самым активным является антиген D.
- По его наличию или отсутствию определяют резус-принадлежность крови (Rh<sup>+</sup> или Rh<sup>-</sup>).
- Главной особенностью системы резус является отсутствие в плазме врожденных антител – агглютининов.

# РЕЗУС-ФАКТОР

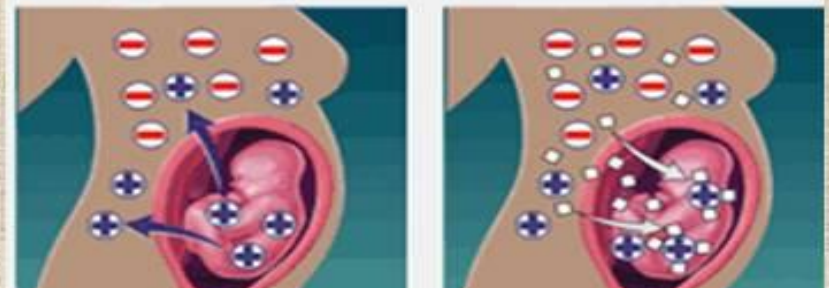
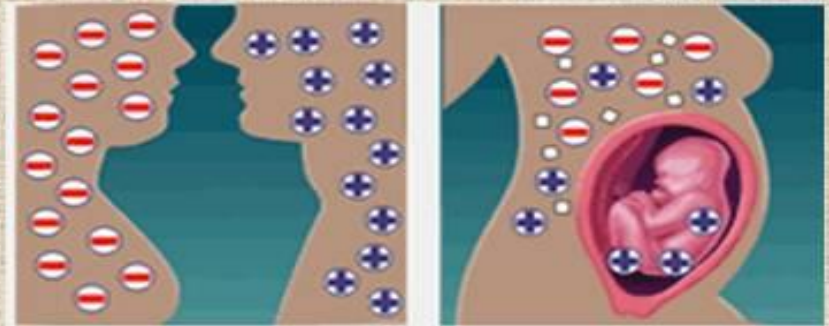
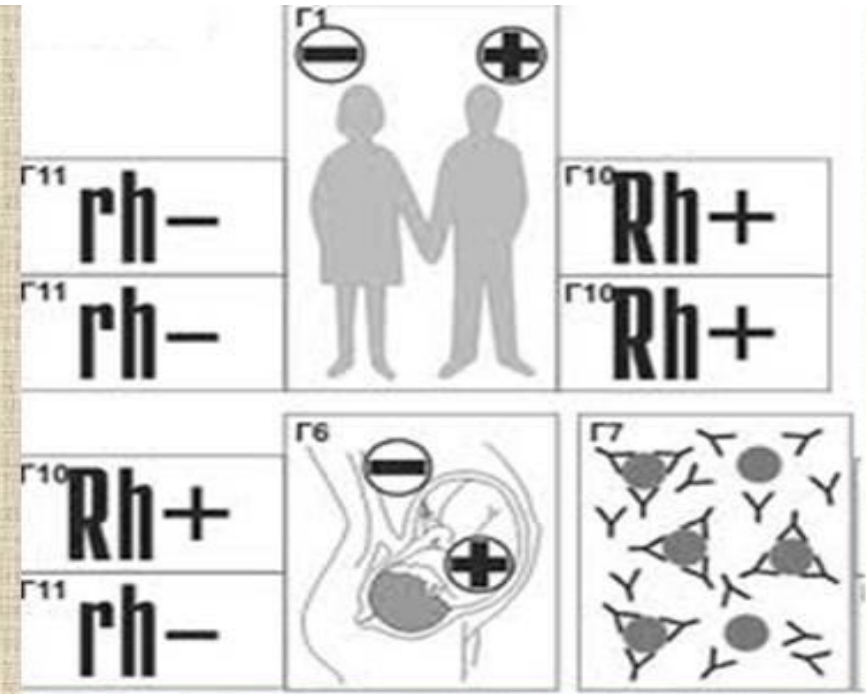
## Резус-фактор





# Резус-конфликт

- Если резус-отрицательная женщина ( $dd$ ) вынашивает резус-положительный плод с генотипом  $Dd$ , то происходит иммунизация организма матери резус-антигеном.
- В резус-отрицательную кровь матери попадают резус-положительные эритроциты.
- При повторной беременности резус-антитела через плаценту попадают в кровотоки плода. Если генотип второго ребенка также  $Dd$ , то резус-антитела матери разрушают резус-положительные эритроциты плода.



# РЕЗУС - ФАКТОР

## Rh+

- 85% людей имеют в эритроцитах белок резус – фактор,

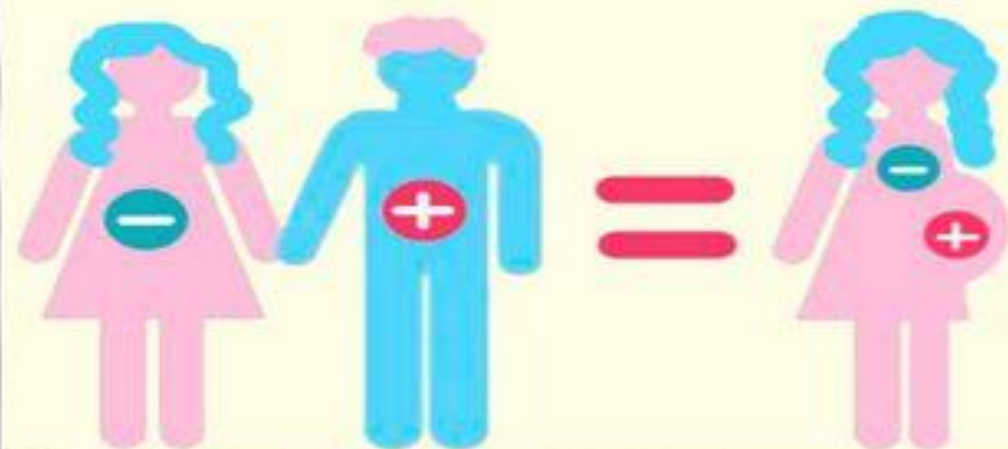
## Rh-

- 15% людей не имеют этого белка

## резус-конфликт!!!

- У резус-положительных новорожденных, рожденных от резус-отрицательных матерей, развивается агглютинация – склеивание эритроцитов

РЕЗУС - КОНФЛИКТ ВОЗНИКАЕТ ТОЛЬКО В СЛЕДУЮЩЕМ СОЧЕТАНИИ:



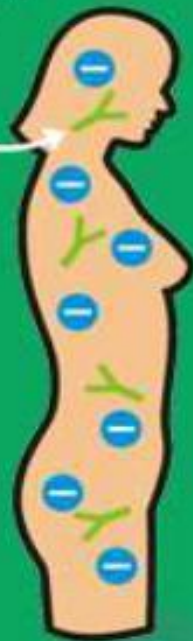
# Исходы резус - конфликта

Резус-конфликт может привести к спонтанному аборту, мертворождению, гибели новорожденного от гемолитической болезни в первые дни жизни или умственной отсталости выжившего ребенка.





НАЧИНАЮТ  
ВЫРАБАТЫВАТЬСЯ  
АНТИТЕЛА К ЭТИМ  
АНТИГЕНАМ



## Осложнения резус – конфликта.

- Самопроизвольный выкидыш (13%);
- Преждевременные роды (10%);
- анемия;
- Гестоз;
- Кровотечения;
- Гнойно-септические осложнения в послеродовом периоде.
- **гемолитической болезни плода и новорожденного (ГБП и ГБН).**

# Как избежать резус-конфликта?

- определить группу крови и резус-фактор до беременности;
- сдавать кровь из вены на наличие антител: до 32 недель беременности – 1 раз в месяц, с 32-х до 35-ти недель – 2 раза в месяц, затем вплоть до родов еженедельно.
- следить за состоянием плода, диагностировать степень тяжести гемолитической болезни и при необходимости - внутриутробное переливание крови.

*По уровню антител в крови беременной женщины врач может сделать выводы о предполагаемом резус-факторе у ребенка и определить начало резус-конфликта.*



Так производится  
внутриутробное  
зачаточное  
переливание крови.

## Профилактика резус-конфликта

- На этапе планирования беременности определяют Rh-принадлежность женщины.
- Всех резус-отрицательных пациенток предупреждают о существующей опасности и предоставляют информацию о действиях в случае риска иммунизации.
- После искусственных абортов и самопроизвольных выкидышей, при эктопической беременности, а также после родов Rh- положительным плодом необходимым является введение антирезусного иммуноглобулина в течение 48–72 часов.
- Также применение данного препарата показано при угрозе прерывания беременности, сопровождающейся кровянистыми выделениями, и при внутриматочных вмешательствах при беременности (инвазивных методах пренатальной диагностики, редукции плодов при многоплодной беременности)

# Несовместимость крови по резус-фактору матери и плода

Р	мать	rhrh	х	отец	Rhrh
		отрицательный резус-фактор			положительный резус-фактор
G		rh			Rh rh
F		Rhrh, положительный резус-фактор 50%			rhrh отрицательный резус-фактор 50%

Возможно развитие  
резус-конфликта



# Знать:

- Группы крови
- Резус – фактор
- Донор
- Реципиент
- Агглютиногены
- Агглютинины
- Агглютинация
- Принципы донорства

# Уметь:

- Определять причины групповых различий
- Определять донора для реципиента
- Объяснять резус – конфликт
- Оценивать значимость знаний о группах крови и резус - факторе