

**«Комплексное  
соединение –  
гемоглобин. Обратимые  
и необратимые  
химические реакции»**

# Цель исследования:

изучение строения и биохимических свойств гемоглобина как жизненно важного комплексного соединения с точки зрения обратимых и необратимых реакций.

# Задачи:

- изучить историю возникновения и развития координационной теории;
- изучить строение и классификацию комплексного соединения – гемоглобина;
- исследовать биохимические свойства комплексного соединения – гемоглобина;
- провести качественные реакции;
- получить комплексные соединения гемоглобина и сравнить их прочность;
- исследовать обратимые и необратимые реакции, лежащие в основе биохимических свойств комплексного соединения гемоглобина крови.

## **Объект исследования:**

**комплексное соединение – гемоглобин крови теленка.**

## **Предмет исследования:**

**строение и свойства гемоглобина.**

## **Методы исследования:**

**анализ, синтез, аналогия, моделирование, обобщение,  
вывод, эксперимент, наблюдение.**

# Гипотеза:

**комплексное соединение - гемоглобин,  
являясь составной частью крови, может  
вступать в обратимые и необратимые  
реакции с различными веществами.**

# АКТУАЛЬНОСТЬ:

Гемоглобин – комплексное соединение, какое химическое строение имеет гемоглобин, какие изменения происходят с гемоглобином под воздействием различных факторов и какое влияние эти изменения оказывают на жизнедеятельность организмов. Решение этой проблемы можно ярко показать на примере комплексного соединения – гемоглобина крови, что и определяет выбор темы исследования.

# Новизна:

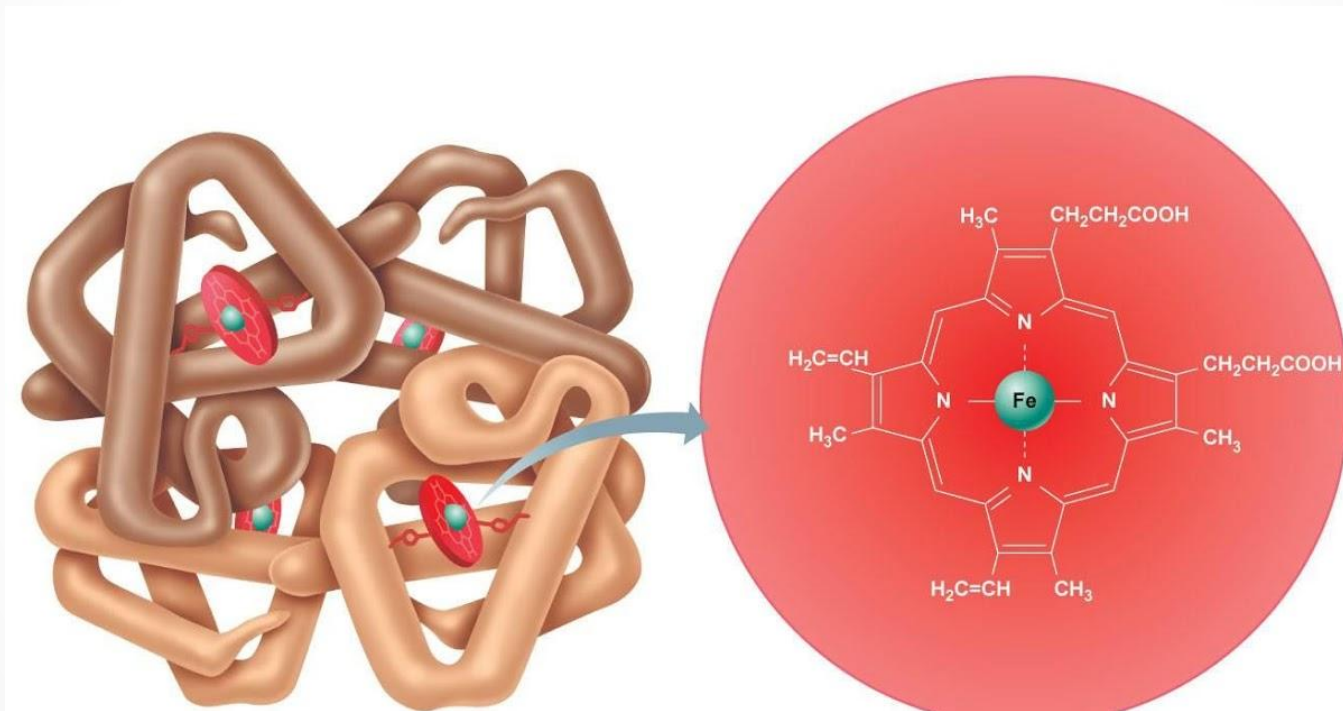
- до настоящего времени в нашем образовательном учреждении не проводились исследования по данной тематике;
- гемоглобин, как комплексное соединение, представляет интерес при изучении отдельных тем биологии и химии;
- в открытом доступе мало или вообще отсутствуют теоретические и практические данные по изучаемой тематике.

# Практическая значимость:

исследовав состав и биохимические свойства гемоглобина, можно дать рекомендации по соблюдению здорового образа жизни, по рациональному отношению к своему здоровью и раннему выявлению заболеваний, употреблению продуктов питания повышающих уровень гемоглобина в организме.



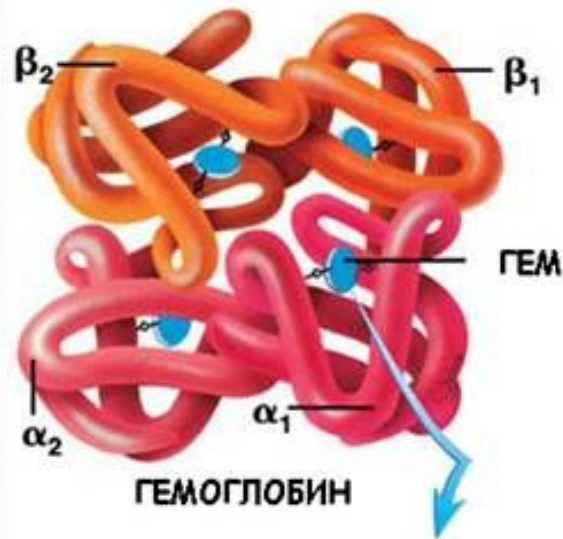
# Теоретическая часть



# История развития координационной теории

- **Первый период.** С древних времен и до начала 18 века ученые и ремесленники использовали и даже синтезировали комплексные соединения, хотя и неосознанно.
- С начала 18 века до 1893 года идет целенаправленный синтез комплексных соединений.
- С 1893 года по 1940 год – создание, обоснование и победа координационной теории А. Вернера.
- С 1940 года и по настоящее время – современный период укрепления и всестороннего развития координационной теории.

# Комплексное соединение



# Производные гемоглобина

- Дезоксигемоглобин;
- Оксигемоглобин ( $\text{HbO}_2$ );
- Карбоксигемоглобин ( $\text{HbCO}$ );
- Метгемоглобин (мет- $\text{Hb}$ ; рН 7,0-7,4);
- Циан-метгемоглобин (CN-мет- $\text{Hb}$ ).

# Метаболизм гемоглобина

Молодые формы эритроцитов:

- нормобласты;
- эритробласты;
- ретикулоциты.

# Функции гемоглобина

- участие в газообмене между организмом и внешней средой
- буферные свойства гемоглобина, поддержание кислотно –щелочного равновесия в организме

# Клинические показания гемоглобина

Нормы содержания гемоглобина в крови		
Возраст	Пол	Уровень гемоглобина (г/л)
до 2-х недель	ж/м	135-200
2 недели - 1 месяц	ж/м	115-180
1-2 месяца	ж/м	90-130
2-6 месяцев	ж/м	95-140
6-12 месяцев	ж/м	105-140
1-5 лет	ж/м	100-140
5-12 лет	ж/м	115-145
12-15 лет	ж	112-152
	м	120-160
15-18 лет	ж	115-153
	м	117-160
18-65 лет	ж	120-155
	м	130-160
старше 65 лет	ж	120-157
	м	125-165

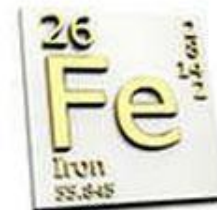


# Продукты с высоким содержанием железа



# Продукты с высоким содержанием железа

Содержание железа в белковой пище животного происхождения, на 100 г



Печень свиная  
19,7 мг



Куриное яйцо  
2,5 мг



Печень говяжья  
9 мг



Свинина  
1,6 мг



Язык говяжий  
5 мг



Курица  
1,5 мг



Баранина  
3,1 мг



Творог  
0,4 мг



Говядина  
2,8 мг



Сливочное масло  
0,1 мг





# Специальные рецепты

## для повышения гемоглобина

- **Стакан грецких орехов и стакан сырой гречневой крупы перемолоть, добавить стакан меда, все перемешать, каждый день есть по столовой ложке.**
- **Грецкие орехи, курага, мед, изюм – все в пропорции 1:1 – перемолоть и тщательно перемешать, есть по 1-3 столовые ложки в день (один из лучших рецептов не только для поднятия гемоглобина, но и для обеспечения организма необходимыми витаминами).**
- **По 1 стакану чернослива, кураги, грецких орехов, изюма перемолоть, добавить мед, добавить 1-2 лимона со шкуркой (вместо лимона можно добавить сок алоэ), есть по 1-3 столовые ложки в день.**

# Практическая часть



# Опыт 1. Свертывание белка гемоглобина под действием спирта.

## Реактивы и оборудование:

Спирт 96%-ный, 40%-ный раствор спирта, кровь теленка; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций.

В две пробирки помещаем 3 мл крови теленка. В первую приливаем 96%-ный спирт, во вторую – 40% спирт. В обеих пробирках наблюдается коагуляция белка. Однако с чистым спиртом коагуляция идет сильнее и красная пигментация почти исчезает, в отличие от второй пробирки, где красная пигментация сохраняется.

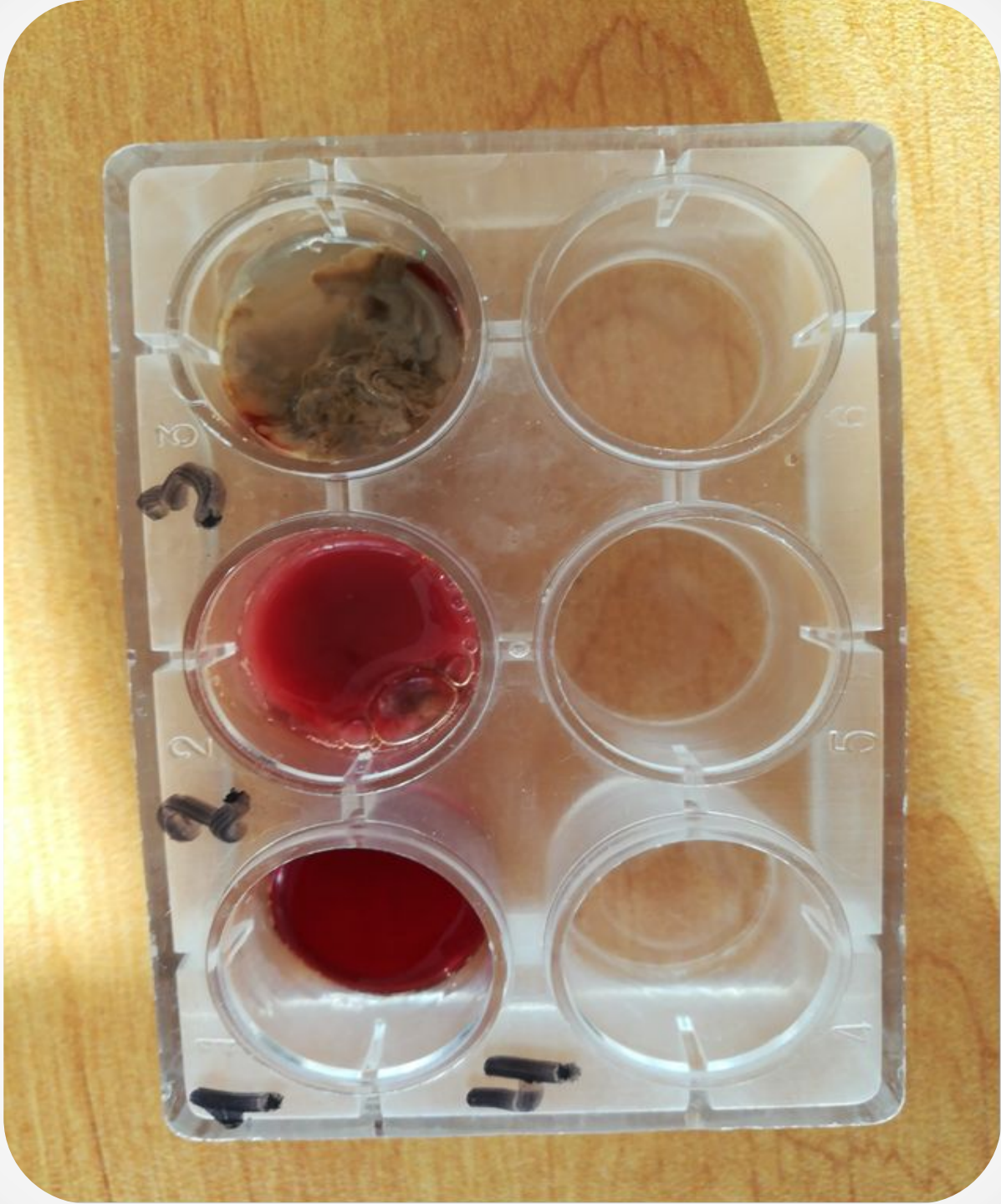


# Опыт 2. Свертывание белка гемоглобина под действием соляной кислоты.

Реактивы и оборудование: 10%-ная кислота соляная, 0,5 %-ная кислота соляная, кровь телянка; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций.

В три пробирки помещаем по 1 мл крови телянка. Первую пробирку оставляем для контроля, во вторую пробирку добавляем 0,5 %-ный раствор соляной кислоты, в третью – 10%-ный раствор соляной кислоты. При добавлении 10%-ного раствора наблюдается полная коагуляция белка гемоглобина с исчезновением кроваво-красного окрашивания. При использовании соляной кислоты, разбавленной в 20 раз, также наблюдается коагуляция белка и изменения окраски, но в значительно меньшей степени.





# Опыт 3. Свертывание белка гемоглобина под действием растворов солей тяжелых металлов.

Реактивы и оборудование: 1%-ный раствор ацетата свинца, 1%-ный раствор сульфата меди (II), 1%-ный раствор хлорида бария, кровь теленка; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций.

В три пробирки помещаем по 5 мл крови теленка. Первую пробирку добавляем ацетат свинца, во вторую - соль хлорида бария, в третью – соль сульфата меди (II). При добавлении растворов солей меди и свинца, наблюдается полная коагуляция белка гемоглобина. При действии раствора соли бария коагуляция не наблюдается





# Опыт 4. Качественная реакция на ионы $\text{Fe}^{2+}$ гемоглобина.

Реактивы и оборудование: 1%-ные растворы:  $\text{KSCN}$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , кровь теленка; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций.

В три пробирки помещаем по 1 мл крови теленка. Первую пробирку добавляем раствор  $\text{KSCN}$ , во вторую -  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , в третью –  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . В первых двух пробирках не происходит изменение окраски раствора. В третьей наблюдается появление сине-зеленого окрашивания.



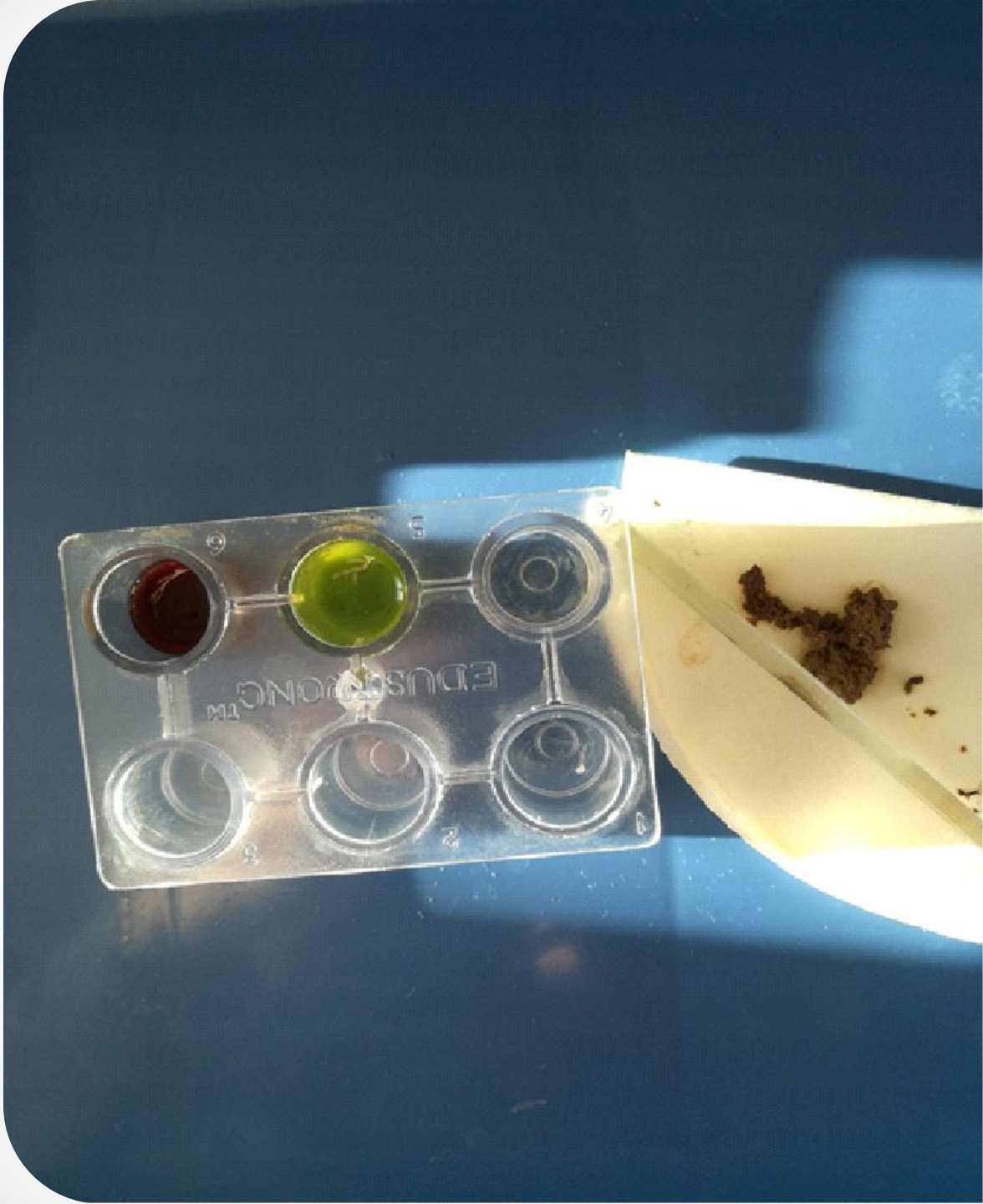
SCN  
анид  
алия

$K_3[Fe(CN)_6]$   
красная кровяная соль  
Гексоцианоферрат (III)  
калия

$K_4[Fe(CN)_6]$   
желтая кровяная соль  
Гексоцианоферрат (II)  
калия

# Опыт 5. Отделение белковой части крови и проверка наличия свободного от гемоглобина железа.

Реактивы и оборудование: Кровь теленка, 1%-ный раствор  $K_3[Fe(CN)_6]$ ; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций. В две пробирки наливаем одинаковое количество крови. Первую пробирку оставляем как контрольную, а вторую добавляем соляную кислоту. Свернувшийся белок гемоглобина отделяем от жидкости. Проводим качественную реакцию на ионы Fe (II), не связанные с гемоглобином крови. Изменение окраски в типичную темно-синюю для ионов Fe (II) не наблюдается.



# Опыт 6. Равновесие в системе:

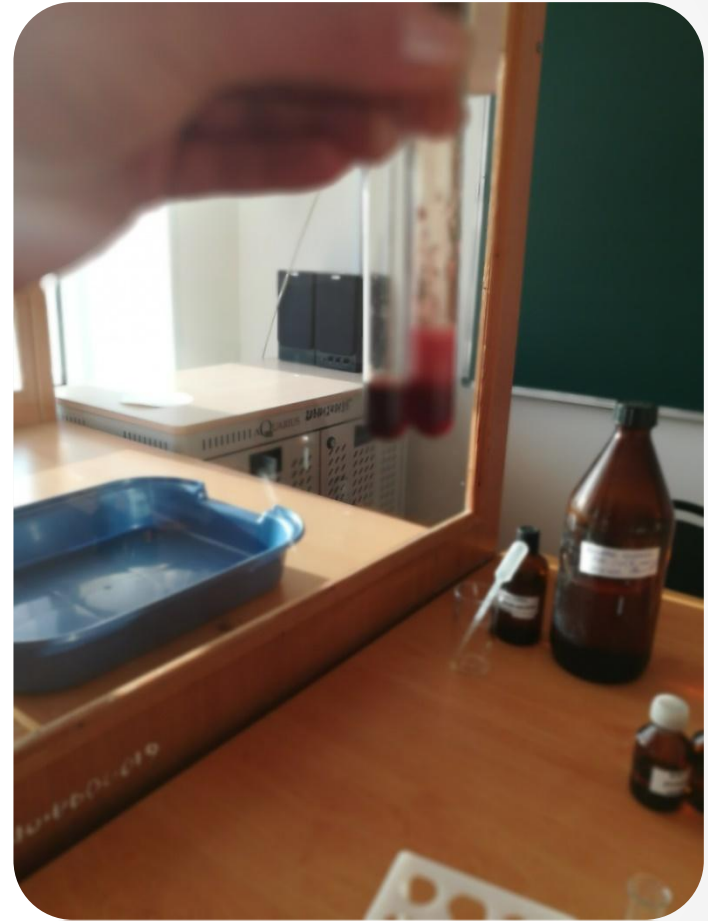
венозная кровь  $\leftrightarrow$

артериальная кровь.

Реактивы и оборудование: Кровь теленка; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций.

В две пробирки наливаем одинаковое количество крови. Первую пробирку оставляем как контрольную, а вторую интенсивно встряхиваем. При встряхивании пробирки с кровью в течение 5 минут, кровь приобретает алую окраску, характерную для артериальной крови. Через 30 минут после встряхивания, кровь вновь приобретает темную окраску, характерную для венозной крови.





# Опыт 7. Получение равновесного комплекса карбоксигемоглобина.

Реактивы и оборудование: Для получения кислорода СО (конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и муравьиная кислота), кровь телянка; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций.

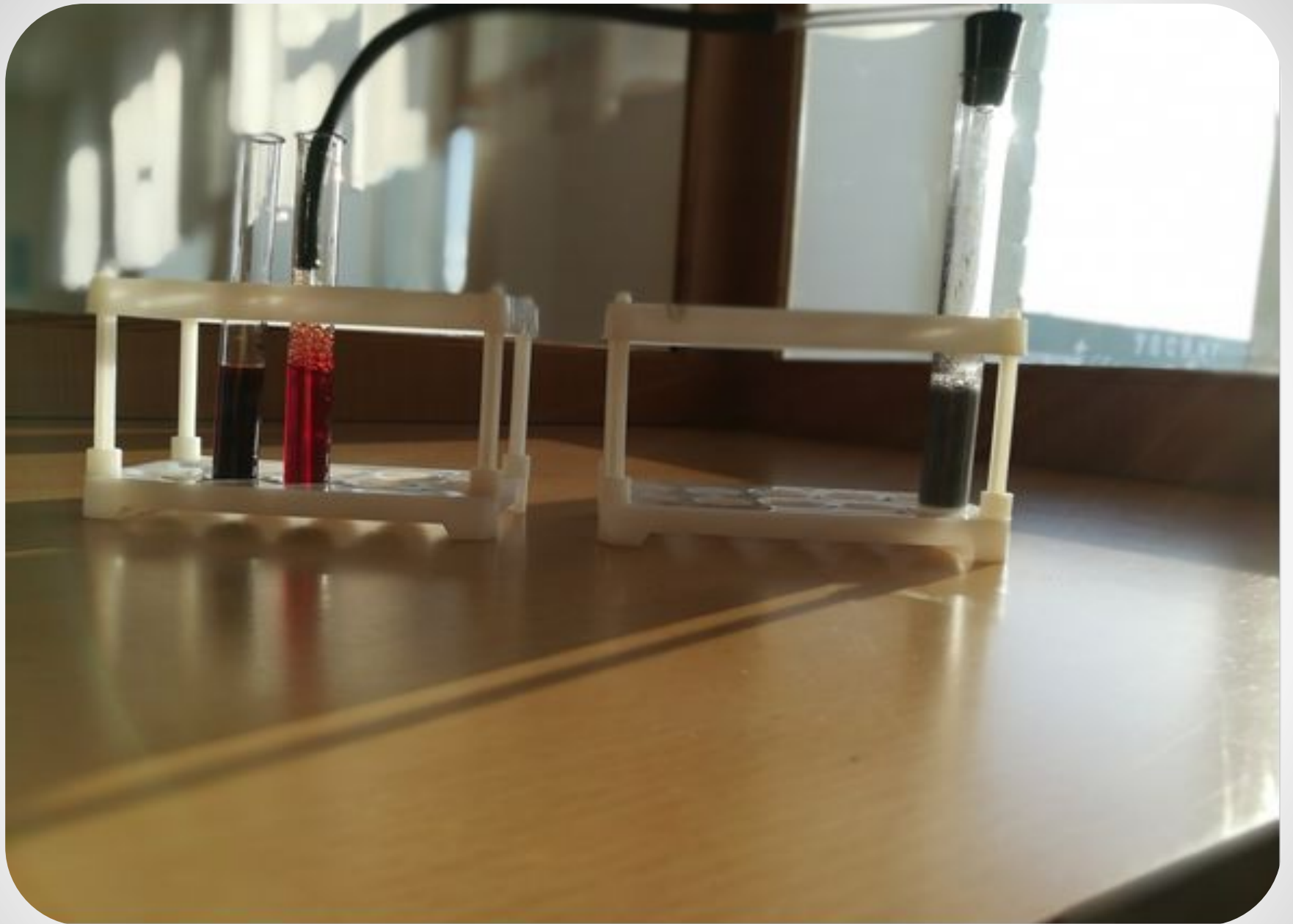
В две пробирки помещаем кровь телянка. Через одну пробирку с кровью пропускаем газ СО в течении 5 минут, а другую оставляем для сравнения. В пробирке образуется комплекс вишневого цвета карбоксигемоглобин  $\text{HbCO}$ .





# Опыт 8. Обратимые процессы комплекса карбоксигемоглобина.

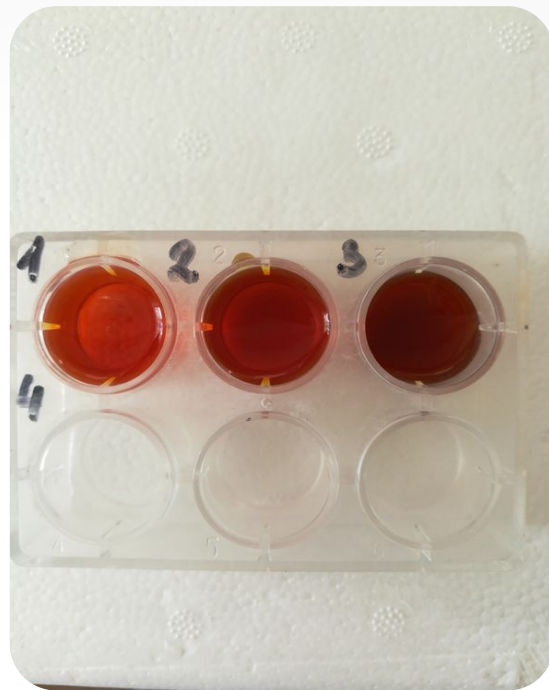
Реактивы и оборудование: Для получения кислорода  $O_2$  ( $H_2O_2$  и  $MnO_2$ ), карбоксигемоглобин (получен в опыте 7), кровь теленка; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций. Через карбоксигемоглобин, полученный в опыте 7, пропускаем кислород в течении 10 минут. Вторая пробирка с кровью теленка - для контроля. В первой пробирке наблюдается восстановление до цвета контрольного образца крови в течении 3 часов.



# Опыт 9. Равновесие в системе лекарственного железосодержащего лекарственного препарата мальтофер.

Реактивы и оборудование: Мальтофер (активное вещество железо (III) гидроксид полимальтозат), 10%-ный раствор HCl, 1%-ные растворы: KSCN,  $K_3[Fe(CN)_6]$ ,  $K_4[Fe(CN)_6]$ ; пробирки химические или пробирки химические для микрореакций.

В три пробирки наливаем одинаковое количество препарата мальтофера. В первую пробирку добавляем KSCN, вторую -  $K_4[Fe(CN)_6]$ , в третью -  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Никаких видимых изменений окраски не наблюдается



# Выводы:

1. Изучили историю возникновения и развития координационной теории.
2. Изучили строение и классификацию комплексного соединения – гемоглобина. Строение комплекса гемоглобина соответствует основным положениям теории Вернера. В составе гемоглобина отсутствует ион  $\text{Fe}^{3+}$ . Наличие белка подтверждено в опытах с соляной кислотой и этиловым спиртом: коагуляция белка – глобина.
3. Исследовали биохимические свойства гемоглобина, его взаимодействие с кислородом, оксидом углерода (II), углекислым газом, этиловым спиртом, соляной кислотой, солями тяжелых металлов.
4. Качественные реакции, проведенные с гемоглобином, подтвердили, что в состав гемоглобина входит белок, а двухвалентное железо прочно связано с белковой частью.
5. В ходе работы были получены комплексные соединения гемоглобина: оксигемоглобин ( $\text{HbO}_2$ ), карбогемоглобин ( $\text{HbCO}_2$ ), карбоксигемоглобин ( $\text{HbCO}$ ). Устойчивость комплексов возрастает в ряду:  $\text{HbO}_2 \rightarrow \text{HbCO}_2 \rightarrow \text{HbCO}$ .
6. Необратимыми являются реакции гемоглобина с спиртом, кислотами и соединениями меди и свинца. Реакции гемоглобина с кислородом, оксидом углерода (II) и оксидом углерода (IV) являются обратимыми.

# Заключение.

На основе теоретических знаний и проведенных исследований, нами были проведены обратимые и необратимые реакции комплексного соединения – гемоглобина крови. Полученные результаты исследования хорошо коррелируются с теорией комплексных соединений Вернера.

**Спасибо за внимание!**