

Управление образования города Пензы  
МКУ «Центр комплексного обслуживания и методологического обеспечения  
учреждений образования» г. Пензы  
муниципальное бюджетное образовательное учреждение гимназия № 42 г. Пензы  
(МБОУ ГИМНАЗИЯ №42 г. ПЕНЗЫ)

Открытый региональный конкурс исследовательских и проектных  
работ школьников «Высший пилотаж - Пенза» 2022

Учебное исследование на тему:  
**«Биологическая роль  $Ca^{2+}$ »**  
**Секция «Биология»**

Выполнила:

Халяпина Кристина Михайловна

МБОУ гимназия №42 г. Пензы

11 класс

Руководители:

Симонова Ольга Юрьевна,

учитель химии,

Нуждина Ольга Вениаминовна,

учитель биологии,

МБОУ гимназия №42 г. Пензы

Пенза-2021

## Содержание

	Введение .....	3
Глава	1. Теоретическая часть	
1.1.	Источники $Ca^{2+}$ для человека.....	4
1.2.	Кальций как химический элемент.....	5
1.3.	Кальций как простое вещество. Соединения кальция.....	6
1.4.	$Ca^{2+}$ и его отличительные свойства.....	7
1.5.	Кальций в клетке.....	7
1.6.	Значение кальция для организма человека.....	9
1.7.	Кальций в составе костной ткани.....	10
1.8.	Кальций в процессе свёртываемости крови.....	10
1.9.	Кальций в гуморальной регуляции.....	11
1.10.	Кальций в сокращении мышечной ткани.....	11
1.11.	Избыток кальция.....	12
1.12.	Недостаток кальция.....	12
Глава	2. Практическая часть	
	Заключение.....	13
	Список литературы.....	14
	Приложение 1. «Социологический опрос на знание биологической роли кальция» .....	15
	Приложение 2. «Исследование влияния кислоты на ионы кальция».....	16

## Введение

В данной работе я хочу рассказать о биологической роли  $Ca^{2+}$ .

**Цель работы:** убедиться в том, что  $Ca^{2+}$  играет важную роль в развитии организма и жизнедеятельности человека.

**Актуальность:** у многих людей наблюдается дефицит кальция, что приводит к ухудшению физического и психо-эмоционального состояния. От количества кальция, полученного человеком в раннем возрасте, зависит его здоровье на протяжении всей жизни.

**Гипотеза исследования:** нехватка кальция в организме человека приводит к нарушению функционирования опорно-двигательной, кровеносной, пищеварительной и выделительной систем.

**Объект исследования:**  $Ca^{2+}$  и его свойства

**Предмет исследования:** влияние кальция на прочность костей и обменные процессы.

**Методы исследования:** эксперимент, наблюдение, анализ и обобщение полученных данных.

**Задачи исследования:**

- проанализировать научные данные по данной теме;
- выявить роль кальция в организме человека;
- выявить влияние избытка и недостатка кальция на организм человека;
- сравнить наличие кальция в различных продуктах питания;
- провести эксперимент, доказывающий влияние солей кальция на прочность костей.



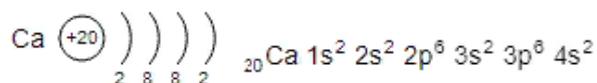
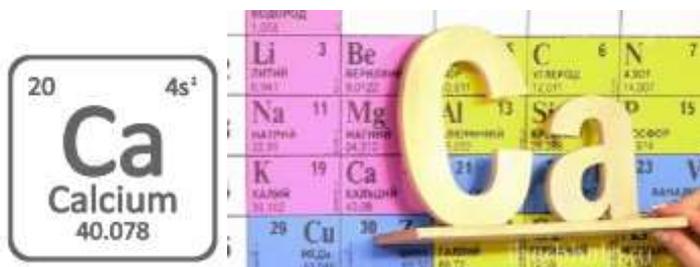
### Источники $Ca^{2+}$ для человека

Источником кальция являются пищевые продукты, в основном молочные, а также блюда из рыбы, бобовые, зелень (таблица 1). (Табл.1)

Продукты питания	Количество продукта	Содержание кальция в данном количестве продукта, мг
<b>Молоко и молочные продукты</b>		
Сыр – Швейцарский, Граерский	50 г	493
Молоко – цельное, 2 %, 1% жирности	1 стакан / 250 мл	315
Сливки	1 стакан / 250 мл	300
Йогурт - обыкновенный	1 чашка / 175 мл	292
Сыр – деревенский, сливочный 2%, 1%	1/2 чашки	87
<b>Мясо, рыба, домашняя птица и другие продукты</b>		
Лосось, с костями, консервированный	1/2 банки (213 г)	153
Миндаль	1/2 чашки	200
Кунжут	1/2 чашки	100
Соевые бобы	1 чашка	175
Курица - жаренная	90 г	13
Говядина	90 г	7
<b>Фрукты и овощи</b>		
Сушеный инжир	10 г	270
Салат	2 больших листа	8

## Кальций как химический элемент

В латинском языке слово «calx» обозначает известь и сравнительно мягкие, легко обрабатываемые камни, в первую очередь мел и мрамор. От этого слова и произошло название элемента второй группы четвертого периода главной подгруппы под №20 (рис.1).



(рис. 1)

Название элемента: Кальций

Атомный номер: 20

Атомная масса: 40,078

Устойчивые степени окисления: 0, +2

Электронная конфигурация:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

Кальций был открыт в период (1801-1900 гг.) немецким химиком Вильгельмом Бунзеном посредством электролиза.



**Вильгельм Бунзен**

(1811-1899 гг.)

## Кальций как простое вещество

Кальций (Ca) – это щёлочноземельный металл, серебристого белого цвета, пластичный, твёрдый. Является сильным восстановителем (рис.2).

Относительная молекулярная масса (Mr):40,078

Относительная плотность: 1,54

Температура плавления: 842 °С

Температура кипения: 1495 °С



(рис.2)



(рис.3)

## Соединения кальция

Ионы данного щёлочноземельного металла встречаются в природе в виде малорастворимых соединений:

CaCO<sub>3</sub>- мел, известняк, мрамор;

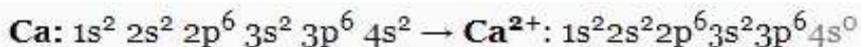
CaSO<sub>4</sub>\*2H<sub>2</sub>O- гипс;

Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>- фосфорит;

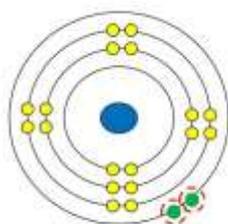
CaCO<sub>3</sub>\*MgCO<sub>3</sub>- доломит.

Кальций входит в состав апатита. Известны соединения кальция с кремнием - силикаты. При нагревании или сгорании кальция образуется окись кальция - CaO - жженая или гашеная известь, которая при взаимодействии с водой дает гидрат окиси кальция Ca(OH)<sub>2</sub> - гашеную известь. С галогенами кальций образует соли - CaF<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, CaBr<sub>2</sub>, CaI<sub>2</sub>, которые растворимы в воде. Если в воде содержится большое количество солей кальция (CaCO<sub>3</sub> и CaSO<sub>4</sub>), вода называется жесткой. Если же солей кальция мало - то вода мягкая (рис.3).

## $Ca^{2+}$ и его отличительные свойства

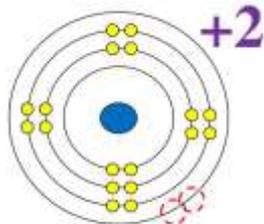


(рис.4)



Calcium *atom*:  
20 p<sup>+</sup>  
20 e<sup>-</sup>

Ca



Calcium *ion*:  
20 p<sup>+</sup>  
18 e<sup>-</sup>

Ca<sup>+2</sup> (*cation*)

$Ca^0$  имеет пару электронов на 4s подуровне, когда у  $Ca^{2+}$  на 4s подуровне они отсутствуют (рис.4, рис.5).

Ионы кальция ( $Ca^{2+}$ ) – компоненты клеточной оболочки растений, из них формируются кости и зубы животных, они влияют на реакцию свёртывания крови, сокращения скелетных мышц.

(рис.5)

## Кальций в клетке

### Химические элементы



- Органогенные (биогенные)
- Макроэлементы
- Микроэлементы
- Ультрамикроэлементы

(диаграм.1)

Химические элементы делятся на четыре группы (диаграм. 1):

- Органогенные (биогенные) элементы

К ним относятся кислород (O), углерод (C), водород (H) и азот (N). Их содержание в клетке составляет 98%.

- Макроэлементы

К ним относятся фосфор (P), сера (S), калий (K), **кальций (Ca)**, магний (Mg), железо (Fe), натрий (Na), хлор (Cl). Их содержание в клетке составляет 1,9%.

- Микроэлементы

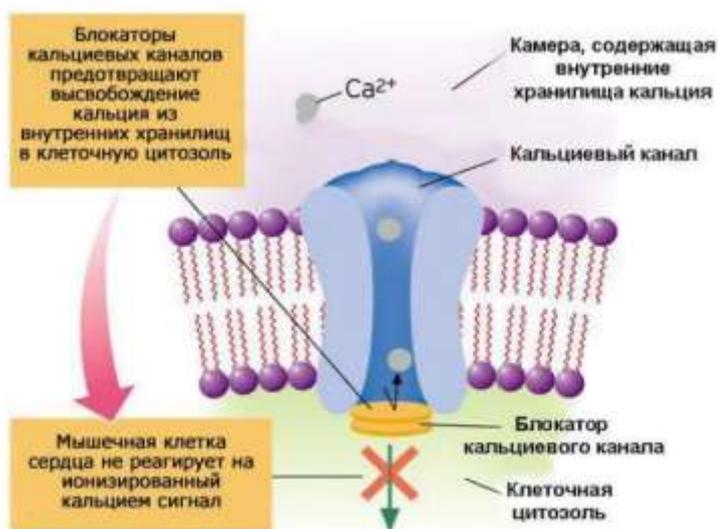
К ним относятся бор (В), кобальт (Сo), медь (Сu), молибден (Мо), цинк (Zn), ванадий (V), йод (I), бром (Br).

Их содержание в клетке составляет 0,01%.

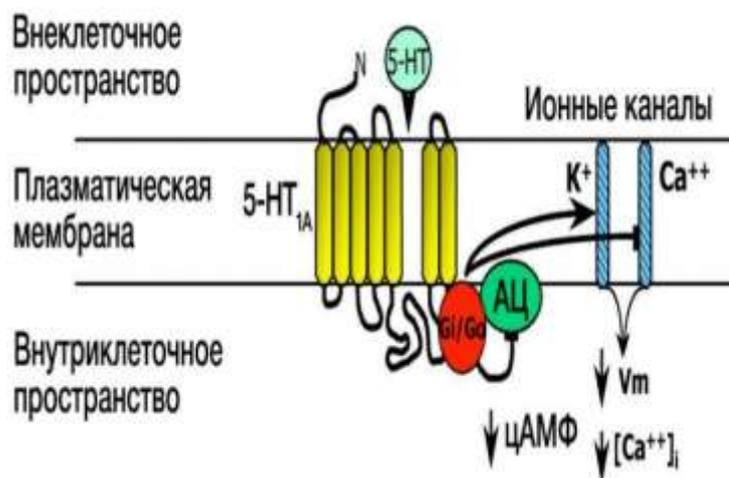
- Ультрамикроэлементы

К ним относятся хлор (Cl), золото (Au), серебро (Ag) и др. Их содержание в клетке составляет от  $10^{-4}$  до  $10^{-8}$  %.

Кальций участвует в регуляции проницаемости клеточных оболочек. Ионы кальция уплотняют клеточные оболочки, понижают их проницаемость - в противоположность ионам натрия и калия, увеличивающих проницаемость (рис.6, рис.7).



(рис.6)



(рис.7)

## Значение кальция для организма человека



(рис.8)

Кальций является макроэлементом и входит в состав многих органов человека, которые образуются из трёх зародышевых листков (рис.8):

- Эктодерма: производные кожи (волосы, ногти), зубная эмаль.
- Мезодерма: опорно-двигательная система (кости), кровеносная система (кровь, кровеносные сосуды, сердце), выделительная система (почки).
- Энтодерма: пищеварительная система (печень).

$\text{CaCl}_2$  применяется для лечения неврозов, как противоаллергический, противоотечный, противовоспалительный препарат.

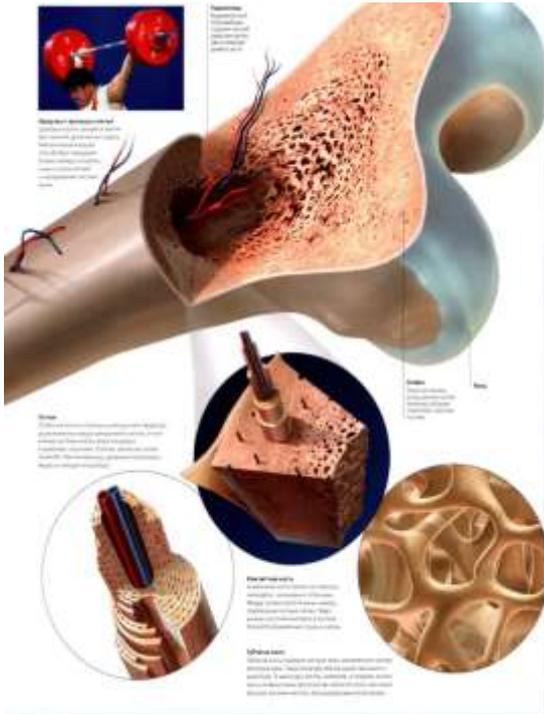
$\text{CaOCl}_2$  является дезинфицирующим средством.

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  применяется в гипсовых повязках.

Кальций обладает высокой биологической активностью и выполняет в нашем теле множество очень важных функций:

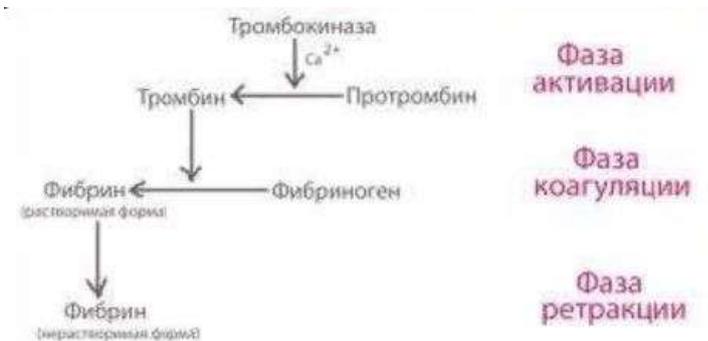
- Обеспечивает равновесие между процессами возбуждения и торможения в коре головного мозга;
- Регулирует процессы расслабления и сокращения мышц;
- Участвует в формировании костной ткани и минерализации зубов;
- Регулирует проницаемость клеточных мембран;
- Влияет на правильный сердечный ритм;
- Влияет на свертываемость крови, снижает уровень холестерина в крови;
- Важен для выработки многих гормонов и ферментов;
- Помогает работе иммунитета, снижает аллергические реакции.

## Кальций в составе костной ткани



Соединения  $Ca^{2+}$  входят в состав межклеточного вещества костной ткани. Кристаллы гидроксиапатита откладываются вдоль коллагеновых волокон в костной ткани, тем самым увеличивается механическая прочность костной ткани. При дефиците  $Ca^{2+}$  в организме ребёнка нарушится минерализация костного матрикса, а также замедлится рост. Для нормального усвоения  $Ca^{2+}$  необходим витамин D. Витамин D (кальциферол) участвует в процессах обмена кальция и способствует его отложению в костях.

## Кальций в процессе свёртываемости крови



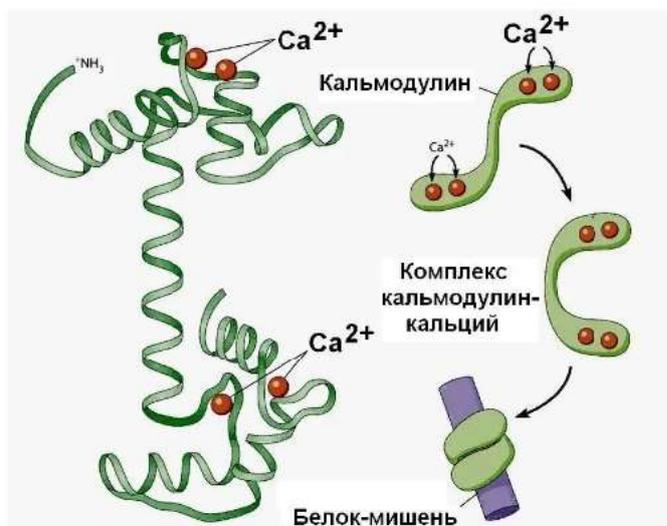
(рис.9)

(табл.2)

Нормальная свертываемость крови, т.е. образование тромбинфермента из протромбина под влиянием тромбокиназы, происходит только в присутствии солей кальция. Кальций играет определенную роль и в нормальной ритмической работе сердца (рис.9, табл.2).

Действующий фактор	Объект воздействия		
	Сердце	Сосуды	АД
Тироксин	✓ Учащает ритм	Суживает	Повышает
Ионы кальция $Ca^{+}$	✓ Учащает ритм ✓ Усиливает сокращение	Суживает	Понижает
Ионы калия $K^{+}$	✓ Замедляет ритм ✓ Ослабевает сокращение	Расширяет	Понижает

## Кальций в гуморальной регуляции

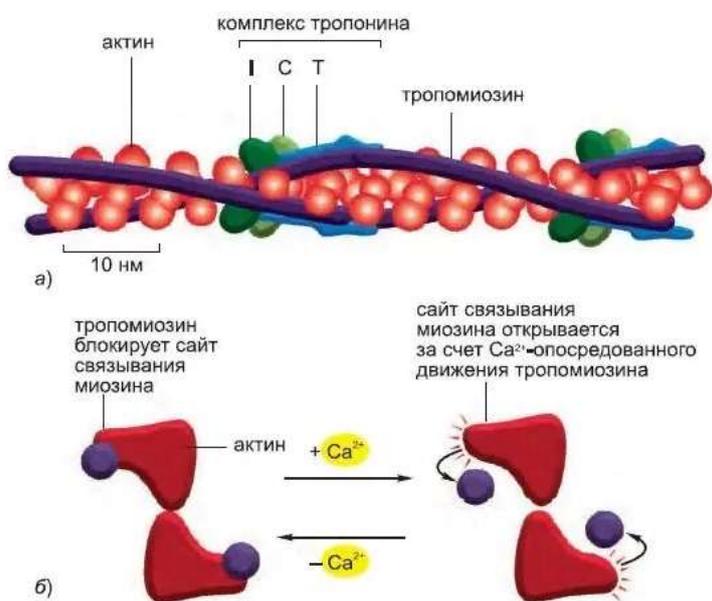


(рис. 10)

$Ca^{2+}$  принимает участие в передаче гормональных сигналов, т.е. участвует в гуморальной регуляции.

В клетке он связывается с белком кальмодулином; комплекс Са-кальмодулин стимулирует сокращение мышц, секрецию некоторых гормонов, выделение медиаторов, синтез ДНК, транспорт через мембрану и изменение активности некоторых ферментов (рис.10).

## Кальций в сокращении мышечной ткани



(рис. 11)

Кальций играет важную роль в нервно-мышечной возбудимости тканей.

При увеличении в крови концентрации ионов кальция и магния нервно-мышечная возбудимость уменьшается, а при увеличении концентрации ионов натрия и калия – повышается (рис.11).

## Избыток кальция

При избытке кальция возникает гиперкальцемия («гипер»-избыток). Избыточное содержание кальция воздействует на различные системы органов и сопровождается многочисленными болезнями.

Действие на:



- Опорно-двигательный аппарат - остеомаляция, хронический гипертрофический артрит, кистозная и фиброзная остео дистрофия, остеофиброз, мышечная слабость, затруднение координации движений, деформация костей позвоночника и ног, самопроизвольные переломы, переваливающаяся походка, хромота;
- ЖКТ - тошнота, рвота, боли в брюшной полости;
- Мочеполовая система - дизурия, хронический гломерулонефрит, полиурия, частые мочеиспускания, ноктурия, анурия;

При избытке кальция наблюдаются сильные сердечные сокращения и остановка сердца в систоле.

## Недостаток кальция

К наиболее дефицитным минеральным веществам в питании современного человека относится именно кальций (Ca). Типичными симптомами при дефиците кальция в организме являются замедление роста скелета и разрежение костной ткани. Однако есть и другие:

### • Сухая кожа

Гипокальциемия или недостаток кальция в организме может влиять на состояние здоровья кожи, которая становится шелушащейся и сухой. Дефицит кальция тесно связан с развитием кожных проблем, таких как экзема и псориаз.

### • Депрессия

Этот элемент является естественным успокаивающим средством, оказывает и расслабляющее действие. Чем ниже уровень кальция в вашем организме, тем более депрессивным и раздражительным вы можете себя чувствовать.

### • Усталость

Дефицит кальция также влияет на общее состояние здоровья. Если вы часто находитесь в состоянии сильной усталости, летаргии, нехватки энергии и сил, постарайтесь сбалансировать свою диету продуктами, богатыми кальцием.

- Парестезия

Парестезия включает в себя кучу неврологических симптомов, связанных с тяжелым дефицитом кальция. Это может быть онемение и покалывание пальцев рук и ног, нарушение чувствительности и даже

- Бессонница

Когда вы спите, то организм находится в фазе глубокого сна. Хороший и крепкий сон напрямую связан с ролью этого минерала, который принимает участие в выработке мелатонина - гормона, который помогает нам засыпать.

- Ослабленный иммунитет

Кальций играет важную роль в поддержании здоровой иммунной системы, поскольку он помогает организму бороться с вирусами и бактериями. Его недостаток снижает иммунные силы организма.

- Хрупкие ногти

Ногтям также необходимо определенное количество кальция для поддержания их целостности. Если вы страдаете от дефицита кальция, ногти становятся слишком сухими, слабыми и склонными к ломкости, расщеплению и могут ломаться во время простейших повседневных занятий.

- Зубная боль

Огромное количество кальция в организме хранится в костях и зубах, поэтому они, как правило, первыми страдают от его недостатка. Из-за отсутствия этого жизненно важного элемента зубы могут стать желтоватыми и хрупкими. Кроме того, риск периодонтальной болезни также может увеличиться.

- Трудность глотания

Хотя это может показаться довольно неожиданным, дефицит кальция может вызвать дисфагию или затруднение при глотании. Это чувство вызвано плохим сжатием мышц в горле. В тяжелых случаях может даже произойти спазмы гортани и необычные изменения в голосе.

- Мышечные судороги

Мышечные судороги, в конечностях, которые происходят в основном ночью, могут быть одним из ранних симптомов дефицита кальция

### Заключение

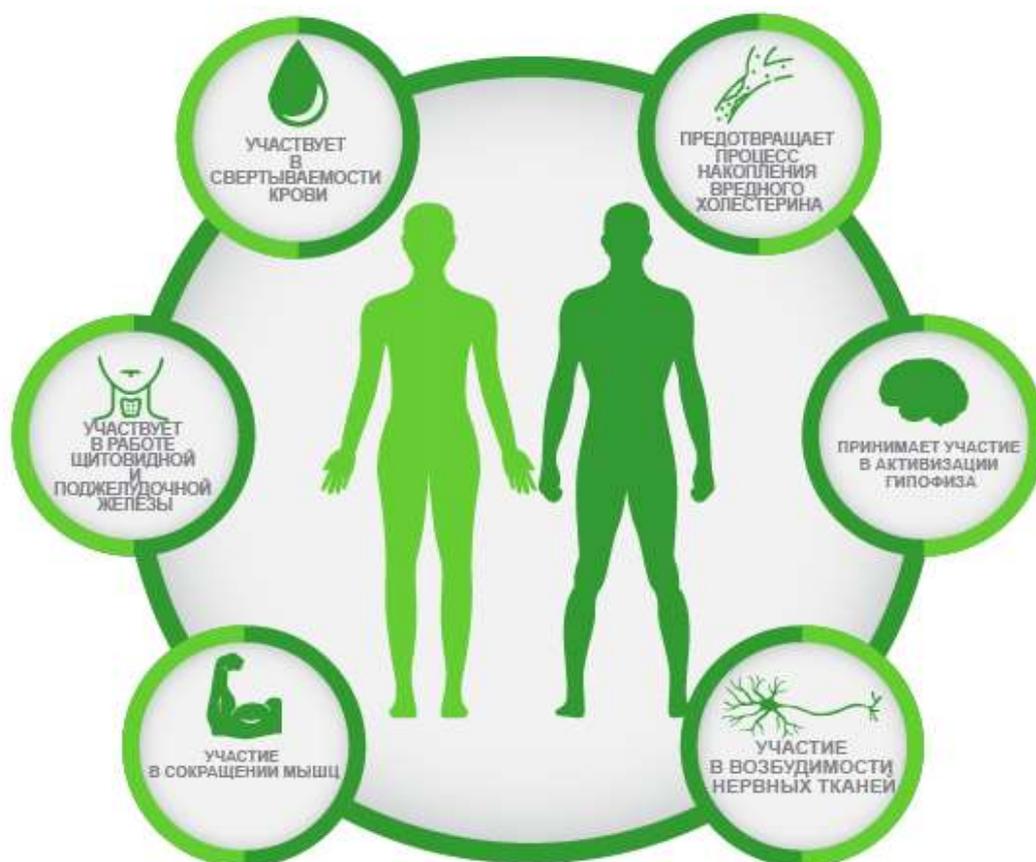
Таким образом, мы убедились в том, что  $\text{Ca}^{2+}$  играет важную роль в развитии организма и жизнедеятельности человека.

Кальций является основным элементом строения костей и зубов, играет активную роль в свёртываемости крови, регулирует работу мышц и нервной системы, а также состояние кожи, волос и ногтей. Любое отклонение от нормы, будь то избытком или же недостатком, нанесёт вред организму человека.

## Список литературы

- Владимиров Ю.А. Курс лекций «Физико-химические основы патологии клетки», лекция 4., - Москва, МГУ, РГМУ, 1998г
- Дерябина Н.Е. Минисправочник по химии для решения качественных задач, - М.: ИПО «У Никитский ворот», 2005г
- Северин Е.П, Алейникова Т.Л., Осипов Е.В., Силаева С.А. Учебник «Биологическая химия». – М.: Медицинское информационное агентство, 2008г
- Современная медицинская энциклопедия - Санкт-Петербург, издательство «Норинт», 2004г.

## Кальций / Calcium (Ca)



## Приложение 1. «Социологический опрос на знание биологической роли кальция»

Цель опроса: узнать представление граждан г. Пенза о биологической роли кальция.

Задача: обогатить знания земляков новой информацией.

### 1. Михаил (инженер)

- Что Вы можете рассказать о кальции как о простом веществе?
- Кальций-это щелочноземельный металл серебристого цвета, твёрдый и пластичный.
- Где применяется кальций?
- Кальций используется при производстве некоторых видов аккумуляторных батарей и подшипников. Также соединения кальция входят в состав антисептических средств и гипсовых повязок.

Михаил верно ответил на вопросы. Кальций, если его рассматривать как простое вещество, является незаменимым металлом, который используют в различных отраслях производства.

### 2. Екатерина (студентка факультета фармации)

- Что Вы можете рассказать о кальции как о химическом элементе?
- Кальций-это щелочноземельный металл, который является восстановителем. Кальций находится в четвёртом периоде во второй группе. Этот элемент входит в состав мела, гипса, фосфорита. Каждому химику известен оксид кальция, который также прозвали окисью кальция. Кроме того данный металл может образовывать соли, которые чаще всего растворимы в воде.
- Известно, что устойчивыми степенями окисления кальция являются 0, +2. Так чем, по Вашему мнению, отличается  $Ca^0$  от  $Ca^{2+}$ ?
- Они отличаются тем, что у них различные электронные конфигурации.  $Ca^0$  имеет на 4s подуровне на два электрона больше, чем  $Ca^{2+}$ .

Екатерина поделилась знаниями о кальции как об элементе, который входит в таблицу Менделеева. Она рассказала о его особенностях и свойствах с точки зрения химии. Действительно, кальций в Периодической системе находится во второй группе четвертого периода. Его можно найти в главной подгруппе под №20.

### 3. Светлана Адамовна (жительница г. Пенза)

- Что Вы можете рассказать о кальции?
- Может ли недостаток кальция оказывать воздействие на нервную систему?

Светлана Адамовна подробно рассказала о кальции. Её представления о нём верны. Я с уверенностью могу сказать, что она осознаёт важность кальция в развитии организма человека и его жизнедеятельности.

## Заключение

Граждане отвечали на заданные им вопросы правильно. Однако для того, чтобы жители нашего города больше знали о биологической роли  $Ca^{2+}$ , я раздала каждому участнику опроса созданный мной журнал, название которого совпадает с темой проекта.

<https://disk.yandex.ru/i/Gp6VizfK78oMCw>

## Приложение 2. «Исследование влияния кислоты на ионы кальция»

### Лабораторный эксперимент «Резиновая кость»

Цель эксперимента: доказать, что фосфаты кальция придают твёрдость и прочность костям.

Оборудование: стакан, металлический пинцет, перчатки, фильтровальная бумага, поднос, куриная кость.

Реактив: соляная кислота (1:3).

Ход работы:

1. надеть перчатки для работы с костью, опущенной в соляную кислоту на три дня;
2. металлическим пинцетом достать кость;
3. промыть кость;
4. убедиться в том, что соляная кислота растворила соли кальция.

Итог работы: после обработки кислотой кость можно скрутить любым образом.

Вывод: таким образом, мы убедились в том, что недостаток кальция влечёт за собой уменьшение прочности костей. <https://disk.yandex.ru/i/JdZ-5yBqTAV4Ow>

