

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА



ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ БИОХИМИЯ МАНГА

ЭТА КНИГА В ДОСТУПНОЙ ФОРМЕ РАССКАЗЫВАЕТ ОБ УВЛЕКАТЕЛЬНОМ МИРЕ БИОХИМИИ. ГЛАВНАЯ ГЕРОИНЯ, СТАРШЕ-КЛАССНИЦА КУМИ, ХОЧЕТ ПОДОБРАТЬ ДЛЯ СЕБЯ ПРАВИЛЬНУЮ ДИЕТУ. ВМЕСТЕ СО СВОИМ ДРУГОМ НЕМОТО И ПРОФЕССОРОМ КУРОСАКА ОНА НАЧИНАЕТ ИЗУЧАТЬ НАУКУ, КОТОРАЯ ПОМОЖЕТ ЕЙ В ДОСТИЖЕНИИ ПОСТАВЛЕННОЙ ЦЕЛИ. ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА ОРГАНИЗОВАНО ПО ПРИНЦИПУ "ОТ ПРОСТОГО К СЛОЖНОМУ": ВНАЧАЛЕ ЧИТАТЕЛЬ УЗНАЁТ О БАЗОВЫХ ТЕРМИНАХ ИЗ ОБЛАСТИ БИОХИМИИ, О СТРОЕНИИ КЛЕТКИ, ПРОЦЕССЕ ФОТОСИНТЕЗА И ДЫХАНИЯ, А В КОНЕЧНОМ СЧЁТЕ ПОЛУЧАЕТ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ЦЕЛОМ РЯДЕ СЛОЖНЫХ ВЕЩЕСТВ: АМИНОКИСЛОТ, УГЛЕВОДОВ, ЖИРОВ, БЕЛКОВ, НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ. КРОМЕ ТОГО, В ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ДАЮТСЯ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ - НАУКЕ, ТЕСНО СВЯЗАННОЙ С БИОХИМИЕЙ. КНИГА МОЖЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ В КАЧЕСТВЕ СПРАВОЧНИКА ИЛИ В КАЧЕСТВЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЗНАНИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ИЗУЧАЮЩИХ БИОХИМИЮ, МЕДИЦИНУ И ДИЕТОЛОГИЮ.

ISBN 978-5-97060-355-0



9 785970 603550 >

Интернет-магазин: www.dmkpress.com

Книга-почтой: orders@aliants-kniga.ru

Оптовая продажа: "Альянс-книга",
(499) 782-3889, books@aliants-kniga.ru

DMK
ИЗДАТЕЛЬСТВО
www.dmk.ru

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ МАНГА

БИОХИМИЯ

Масахару Такэмура
Кикуюро

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ БИОХИМИЯ МАНГА



Масахару Такэмура
Кикуюро
Office sawa



Ohmsha

DMK
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Занимательная биохимия

Манга

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ БИОХИМИЯ

.....

МАСАХАРУ ТАКЭМУРА
КИКУЯРО

ПЕРЕВОД С ЯПОНСКОГО
КЛИОНСКОГО А.Б.

ПОД РЕД. ДОЦ. КАФЕДРЫ БИОТЕХНОЛОГИИ
РХТУ ИМ. Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА, К.Т.Н.
КАЛЁНОВА С.В.



УДК 577.1
ББК 28.072
Т15

Такэмура, Масахару.

Т15 Занимательная биохимия. Манга. / Такэмура Масахару (автор), Кикуюро (худож.); пер. с яп. Клионского А. Б. – М. : ДМК Пресс, 2016. – 266 с.: ил. – (Серия «Образовательная манга»). – Доп. тит. л. яп. - ISBN 978-5-97060-355-0

Эта книга в доступной форме рассказывает об увлекательном мире биохимии. Главная героиня, старшеклассница Куми, хочет подобрать для себя правильную диету. Вместе со своим другом Немото и профессором Куросака она начинает изучать науку, которая поможет ей в достижении поставленной цели.

Изложение материала организовано по принципу «от простого к сложному»: вначале читатель узнаёт о базовых терминах из области биохимии, о строении клетки, процессе фотосинтеза и дыхания, а в конечном счёте получает представление о целом ряде сложных веществ: аминокислот, углеводов, жиров, белков, нуклеиновых кислот. Кроме того, в заключительной части даются общие сведения о молекулярной биологии – науке, тесно связанной с биохимией.

Книга может использоваться в качестве справочника или в качестве дополнительного источника знаний для студентов, изучающих биохимию, медицину и диетологию.

УДК 577.1
ББК 28.072

Original Japanese edition

Manga de Wakaru Seikagaku (Manga Guide: Biochemistry)

by Masaharu Takemura (Author), Kikuyarou (Illustrator) and Office sawa (Producer)

Published by Ohmsha, Ltd.

3-1 Kanda Nishikicho, Chiyodaku, Tokyo, Japan

Russian language edition copyright © 2016 by DMK Press

Translation rights arranged with Ohmsha, Ltd..

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства.

ISBN 978-4-274-06740-2 (яп.)
ISBN 978-5-97060-355-0 (рус.)

Copyright © 2009 Masaharu Takemura and Office sawa
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

В этой книге в доступной форме комиксов рассказывается об увлекательном мире биохимии. Биохимия – это наука на стыке биологии и химии, объясняющая жизненные процессы на самом базовом уровне. В частности, она изучает строение молекул веществ, которые входят в состав живых организмов (в том числе и человека), а также химические реакции в клетках. В последние годы биохимия развивается с беспрецедентной скоростью. С конца XIX в. и на протяжении XX в. учёные исследовали различные химические явления в области медицины, диетологии, сельского хозяйства, биологии и во многих других сферах, и эти исследования позволили сделать ряд невероятных открытий. Учитывая, насколько разнообразны вышеперечисленные области применения биохимии, можно предположить, что она являет собой целый комплекс обособленных, не связанных друг с другом наук. Но при том, что их цели различны, основа одна: химическое разъяснение жизненных явлений. Таким образом, базовые принципы биохимии следует изучить всякому, кто намеревается посвятить себя науке, так или иначе связанной с живыми организмами: медицине, стоматологии, фармакологии, сельскому хозяйству, диетологии и др.

Большинство важных идей из области биохимии здесь изложены в лёгкой для понимания форме. Книга может использоваться в качестве справочника или в качестве дополнительного источника знаний для студентов, изучающих биохимию, медицину и диетологию. Вы можете обратиться к книге, чтобы быстро освежить в памяти отдельные темы или углубить полученные знания. Даже ученику средней школы будет под силу освоить этот материал.

По своей структуре книга несколько отличается от классических пособий по биохимии. Например, если в учебной литературе сначала принято описывать главные химические соединения в составе клетки (вещества, которые присутствуют во всех живых организмах: углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты и белки), то здесь эти темы «всплывают» по ходу повествования – отдельная глава для их обсуждения не предусмотрена. Я пошёл по этому пути, полагая, что включение этих понятий в естественный контекст позволит проще усвоить и запомнить их. Кроме того, в главе 3 приводится информация о биохимических процессах в нашей повседневной жизни – таким образом подчёркивается значение биохимии, которая, как оказывается, присутствует в самых рядовых ситуациях.

Главная героиня книги – старшеклассница Куми, которую очень заботят вопросы диеты. Я решил прибегнуть к этому сценарию, поскольку сам я по образованию диетолог и проходил обучение на факультете сельскохозяйственных наук. В наши дни многие рассматривают биохимию именно в контексте здорового питания. Людей часто беспокоит так называемый «метаболический синдром» – совокупность факторов риска, вызывающих ряд серьёзных заболеваний: диабет 2-го типа, ишемическую болезнь сердца и инсульты.

В процессе подготовки текста черновой вариант и сюжетные ходы проверяли и оценивали Юкио Фуруичи, почётный профессор университета Миэ (в настоящее время – профессор Нагойского университета), специалист в области биохимии липидов, и Сёэн Ёсида, почётный профессор Нагойского университета (в настоящее время – консультант в Центре иммунотерапии рака при Нагойском госпитале Киорицу), специалист в области биохимии и молекулярной биологии. Профессора Фуруичи и Ёсиду были моими научными руководителями при подготовке диплома и докторской диссертации соответственно. Пользуясь возможностью, хочу выразить им глубокую признательность за то, что при всей своей занятости они нашли время, чтобы вычитать рукопись.

Кроме того, хочу поблагодарить профессора Кадзуо Камэмуре, консультировавшего меня в период обучения в аспирантуре, и его аспиранта Мицутака Огава из Института биологических наук и технологий в Нагахаме за предоставление ценной информации о лектин-блоттинге. Выражаю благодарность сотрудникам издательства Ohmsha за помощь в подготовке моей предыдущей книги «Занимательная манга. Молекулярная биология»: Савако Савада из Office Sawa, художнику Кикиуэро, который создал потрясающие иллюстрации, и, наконец, вам, моим читателям, которые заинтересовались этим трудом.

*Масахару Такэмуре
Январь 2009 г.*

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	v
-------------------	---

1

ЧТО ПРОИСХОДИТ В ТВОЁМ ОРГАНИЗМЕ 13

1. Структура клетки	14
Каково строение клетки.....	16
2. Что происходит внутри клетки?	18
Синтез белка	19
Метаболизм	20
Производство энергии	22
Фотосинтез	24
3. Клетка – место протекания химических реакций	26
Биохимия синтеза белка	27
Биохимия метаболизма	29
Биохимия производства энергии	30
Биохимия фотосинтеза	32
4. Биохимия: основные понятия	36
Углерод	36
Химические связи	36
Биополимеры	37
Ферменты	37
Реакция окисления-восстановления	37
Дыхание	38
Метаболизм	38

2

ФОТОСИНТЕЗ И ДЫХАНИЕ 39

1. Экосистемы и цикл	40
2. Обсуждаем фотосинтез	48
Важная роль растений	48
Структура хлоропласта	49
Фотосинтез: реакция фосфорилирования	50
Фотосинтез: фиксация диоксида углерода	57
3. Дыхание	60
Что такое углеводы?	60
Углеводы и всевозможные «...озы»	63
Почему у моносахаридов циклическая структура?	63
Почему нам нужно дышать?	64
Дыхание – это процесс расщепления глюкозы и высвобождения энергии	66

Этап 1. Расщепление глюкозы в процессе гликолиза	68
Этап 2. Цикл лимонной кислоты	71
Этап 3. Производство энергии в электрон-транспортной цепи	74
Заключение	79
4. АТФ – универсальный источник энергии	82
5. Виды моносахаридов.....	84
Альдозы и кетозы	84
Пираноза и фураноза	84
D-форма и L-форма	85
6. Что такое КоА?	86



БИОХИМИЯ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ

87

1. Липиды и холестерин	88
Что такое липиды?	88
Жирные кислоты.....	95
Холестерин относится к стероидам	97
Функции холестерина.....	98
Лipoproteины: борьба добра и зла	100
Что такое артериосклероз?	103
Действительно ли вреден холестерин?.....	105
2. Биохимия и полнота. Как откладывается жир	106
В организме животных откладывается жир	108
Избыток углеводов откладывается в виде жира!	111
Когда жир используется в качестве источника энергии	118
Почему при переедании человек полнеет?	123
3. Что такое группа крови?	124
Группа крови	124
Чем обусловлена та или иная группа крови?	125
Что такое группа крови?	129
4. Почему по мере созревания фрукты становятся слаще?	130
Какие типы сахаров присутствуют во фруктах?	130
Моносахариды, олигосахариды и полисахариды	131
Какие химические процессы происходят, когда поспевают фрукты	133
Почему фрукты становятся сладкими?	135
5. Почему рисовые лепёшки моти упругие?	136
Особенности риса для лепёшек моти	136
Разница между амилозой и амилопектином	138
Что означают цифры в сочетаниях $\alpha(1 \rightarrow 4)$ и $\alpha(1 \rightarrow 6)$?	140
Почему лепёшки моти упругие?	145

4

ФЕРМЕНТЫ - КЛЮЧИ

К БИОХИМИЧЕСКИМ РЕАКЦИЯМ

149

1. Ферменты и белки	150
Что такое фермент?.....	153
Аминокислоты.....	156
Первичная структура белка	158
Вторичная структура белка	159
Третичная структура белка	160
Четвертичная структура белка. Субъединицы	161
Субстраты и ферменты	162
2. Работа ферментов	162
Специфичность ферментов	164
Классификация ферментов	166
Трансферазы	168
Гликозилтрансфераза определяет группу крови	169
Гидролазы	172
3. Построение графиков для изучения ферментов	174
Почему ферменты важны для химических реакций?	175
Что такое энергия активации?	176
Фермент понижает «стену»	177
Максимальная скорость реакции	178
Уравнение Михаэлиса-Ментен и константа Михаэлиса	180
Рассчитаем $V_{\max}$ и K_m !	182
Для чего нужны обратные величины?	186
Воспользуемся уравнением Михаэлиса-Ментен, чтобы вычислить K_m и $V_{\max}$!	191
4. Ферменты и ингибиторы	193
Аллостерические ферменты	196

5

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ

НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

199

1. Что такое нуклеиновая кислота	202
Основные понятия	202
Открытие нуклеина	204
Нуклеиновые кислоты и нуклеотиды	205

Комплементарность оснований и структура ДНК	209
Репликация ДНК. Роль ДНК-полимеразы	211
Структура РНК	214
2. Нуклеиновые кислоты и гены	218
ДНК – хранилище генов.....	218
Функции РНК	220
мРНК.....	222
рРНК и тРНК	223
Рибозимы	226
3. Биохимия и молекулярная биология	228
«Грязная работа» в биохимии	228
Биохимия и молекулярная биология на раннем этапе развития.....	229
Развитие методов, основанных на рекомбинантной ДНК	230
Возвращаясь к биохимии	230
Происхождение клетки	231
Колоночная хроматография	233
Проведение биохимических опытов	233
Электрофорез и вестерн-блоттинг	235
Лектин-блоттинг	236
Центрифугирование	237
Измерение ферментативной активности	237
Метод измерения активности ДНК-полимеразы	237
Метод измерения активности α -амилазы	238
Эпилог	239
Предметный указатель	249



НАКОНЕЦ-ТО
Я ДОМА!

КУМИ! ТЫ
ВЕРНУЛАСЬ?

ПОСЛЕ
Поговорим!

ТОП, ТОП, ТОП

ТОП

ТУМ, ТУМ

ШОРХ

А-А-А-А-А-А!
Я СОВЕРШЕННО
НЕ ПОХУДЕЛА!

Цель:
сбросить 2 кг!

ПОКОНЧИТЬ
С ЛИШНИМИ
КИЛОГРАММАМИ!



МОЙ ВЕС
ДОЛЖЕН БЫТЬ
В РАМКАХ
НОРМЫ!



КХМ...
МОЖНО
ВОЙТИ?

А?!



Я РЕШИЛ ЗАНЕСТИ
ТЕБЕ НЕМНОГО
ФРУКТОВ ИЗ МОЕГО
САДА...

О-О-ОХ!



АААА!

НЕМОТО!
ЭТО ТЫ!



НУ ЧТО Ж...



ТОГДА ТЫ ТОЖЕ
УГОЩАЙСЯ, НЕМОТО!

ПОТРЯСАЮЩАЯ
АВНЯ!

НО Я НА
ДИЕТЕ,
И МНЕ НЕЛЬЗЯ
ФРУКТЫ.

ПОХОЖЕ, Я
ДАЛ МАХУ.

ТУДХ

МНЕ КАЖЕТСЯ,
КУМИ, ТЕБЕ
НЕ О ЧЕМ
БЕСПОКОИТЬСЯ.

ПО-МОЕМУ,
ТЫ МОЖЕШЬ ЕСТЬ
ВСЁ ЧТО УГОДНО
И ПРИ ЭТОМ ВЫ-
ГЛЯДЕТЬ... М-М-М...
ВЕЛИКОЛЕПНО!

НУ ДА! ШУТИШЬ!
Я ВСЯ НАЧИНЕНА
ПИЦЦЕЙ
И ПИРОЖНЫМИ!

(ЛЮБИМАЯ ЕДА
КУМИ)

ТУТУМ

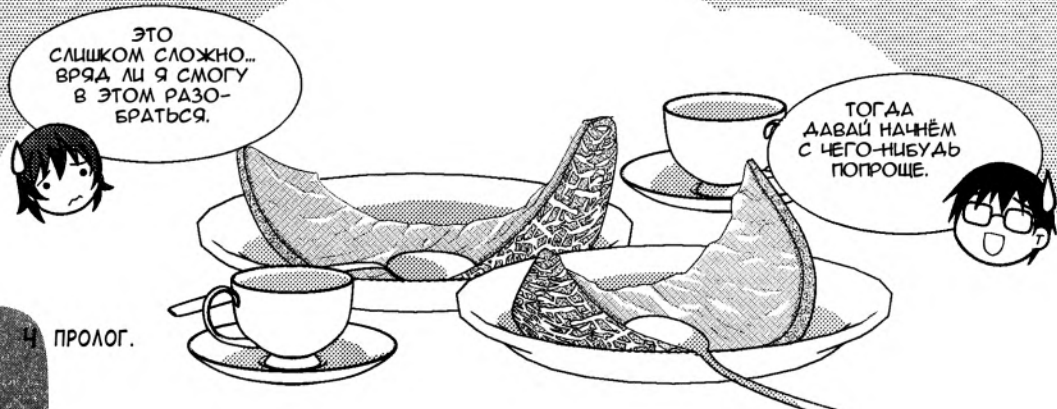
НУ ВСЁ! БУДУ
ГОЛОДАТЬ
ДО ТЕХ ПОР,
ПОКА НЕ
ДОБЬЮСЬ
СВОЕГО!

БОЛЬШЕ
НИ ЕДИННОГО ДНЯ
НЕ БУДУ ТОЛСТОЙ!

НО, КУМИ...

ЭТО ЖЕ
ПРОСТО
СМЕШНО!

СВЕРК



КАЛОРИИ,
ЖИРЫ,
УГЛЕВОДЫ...

ТЫ ВЕДЬ ЗНАЕШЬ,
ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

КОНЕЧНО!
Я ЖЕ, В КОНЦЕ
КОНЦОВ,
НА ДИЕТЕ!

ДАВАЙ
ПРО-
ВЕРИМ!



КРОМЕ ШУТОК!
ВЗГЛЯНИ-КА
СЮДА.

ДИЕТА:
СПЕЦИАЛЬНЫЙ
ВЫПУСК

ПОХУДЕТЬ
К ЛЕТУ

ИТАК, ЖИРЫ - ЭТО
ВЫСОКОКАЛОРИЙНЫЕ
ВЕЩЕСТВА. ПРАВИЛЬНО?

КОГДА ГОВОРЯТ О "ВЫСОКО-
КАЛОРИЙНЫХ" УГЛЕВОДАХ,
ИМЕЮТ В ВИДУ НЕЧТО
ДРУГОЕ. НО ЧАСТО МОЖНО
УСЛЫШАТЬ, ЧТО ЧРЕЗМЕРНОЕ
ПОТРЕБЛЕНИЕ УГЛЕВОДОВ
ВЫЗЫВАЕТ ОТЛОЖЕНИЕ
ЖИРА.

Углеводы

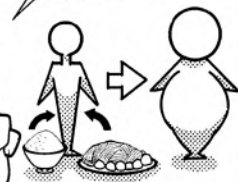
Жиры

Десерт

ПОНЯТНО!
НУ, ЭТО-ТО
Я ЗНАЮ!

ПОЛНОТА - ЭТО
СЛЕДСТВИЕ ИЗЫТКА
ЖИРА В ОРГАНИЗМЕ.
ТАК?

ПОЧЕМУ
ТЫ ДУМАЕШЬ,
ЧТО РАСПОЛНЕЕШЬ,
ЕСЛИ БУДЕШЬ ЕСТЬ
МНОГО
УГЛЕВОДОВ?



НУ...
НЕ ЗНАЮ ПОЧЕМУ...
НО ЖУРНАЛЫ ЖЕ
НЕ ВРУТ,
ПРАВАА?..

ГМ-М...



ТВОЯ
ПРЕПОДАВА-
ТЕЛЬНИЦА...

ТАКАЯ
КРАСИВАЯ!

ХИМИЯ
НЕ ТАК СЛОЖНА,
КАК ТЫ ДУМАЕШЬ,
КУМИ.

НАПРИМЕР, ПОСЛЕ ТОГО
КАК ТЫ ПОБЕДАЛА,
ПИЩА ПЕРЕВАРИВАЕТСЯ
У ТЕБЯ В ЖЕЛУДКЕ. ЭТО
ХИМИЧЕСКАЯ
РЕАКЦИЯ.

ЧТО?
НЕ МОЖЕТ
БЫТЬ!

ЗНАЧИТ, В НАШЕМ
ОРГАНИЗМЕ ПОСТО-
ЯННО ПРОИСХОДЯТ
КАКИЕ-ТО
ХИМИЧЕСКИЕ
РЕАКЦИИ?

ВЕРНО!

НАШ ОРГАНИЗМ,
КАК И ДРУГИЕ ЖИВЫЕ
ОРГАНИЗМЫ,
СОСТОИТ ИЗ МНОГИХ
ХИМИЧЕСКИХ
ВЕЩЕСТВ...

Белки...

Вода...

Витамины...

Жиры...

Минеральные
вещества...

...ВСЁ ЭТО
ХИМИЧЕСКИЕ
ВЕЩЕСТВА!

ЖИРЫ
И УГЛЕВОДЫ,
О КОТОРЫХ МЫ
УЖЕ ГОВОРИЛИ, -
ТОЖЕ ХИМИЧЕСКИЕ
ВЕЩЕСТВА?

БЕСПОКОЯСЬ
О СВОЕМ ВЕСЕ,
Я ТОЛЬКО
ПОДСЧИТЫВАЛА
КАЛОРИИ...

НО Я НЕ ЗАДУМЫ-
ВАЛАСЬ О ТОМ,
ЧТО ПРЕСТАВЛЯЕТ
МОЙ ОРГАНИЗМ
С ХИМИЧЕСКОЙ
ТОЧКИ ЗРЕНИЯ.

ВОТ ИМЕННО!
ИТАК, ПОВЕДЕМ ИТОГИ.

БИОХИМИЯ -
ЭТО НАУКА О ТОМ,
ЧТО ПРОИСХОДИТ ВНУТРИ
НАШЕГО ТЕЛА, А ТАКЖЕ
ТЕЛ ДРУГИХ ЖИВЫХ
СУЩЕСТВ...

...В ОСНОВНОМ -
С ХИМИЧЕСКОЙ
ТОЧКИ ЗРЕНИЯ.

ТУТУМ

АА,
КСТАТИ...

ВСПЫХ

Я СЕЙЧАС КАК РАЗ
ЗАНИМАЮСЬ ИССЛЕДОВА-
НИЕМ ХИМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗМЕ.

ЕСЛИ ХОЧЕШЬ, МОЖЕШЬ
ПОУЧАСТВОВАТЬ
В ЛАБОРАТОРНОМ ОПЫТЕ.

ТУТУМ

ЕСЛИ
Я СОГЛАШУСЬ,
ТО УВИЖУ
ПРОФЕССОРА
КУРОСАКУ...

На следующий день...

НУ КОНЕЧНО!
Я СОГЛАСНА!

...И БУДУ ВЫГЛЯ-
ДЕТЬ КАК
СУПЕРМОДЕЛЬ!

東西南北大學

УНИВЕРСИТЕТ
"ТОАЗАЙ-НАМБОКУ"

黒坂研究室

* ЛАБОРАТОРИЯ
ПРОФ. КУРОСАКА

ЗДРАВСТВУЙ!

РАДА
ПОЗНАКОМИТЬСЯ,
КУМИ!

ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ
В ЛАБОРАТОРИЮ!

НА САМОМ ДЕЛЕ
ОНА ЕЩЁ БОЛЕЕ
ОЧАРОВАТЕЛЬНА,
ЧЕМ НА ФОТО-
ГРАФИИ!

ЗНАЕТЕ... Я ХОТЕЛА
У ВАС СПРОСИТЬ...

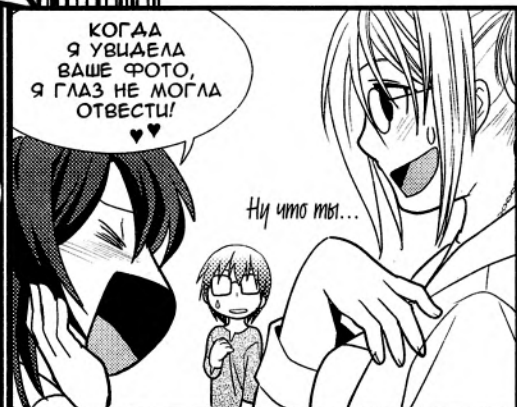
?

ЕСЛИ Я БУДУ ИЗУЧАТЬ
БЮХИМИЮ...
Я СТАНУ ТАКОЙ ЖЕ
КРАСИВОЙ, КАК ВВР



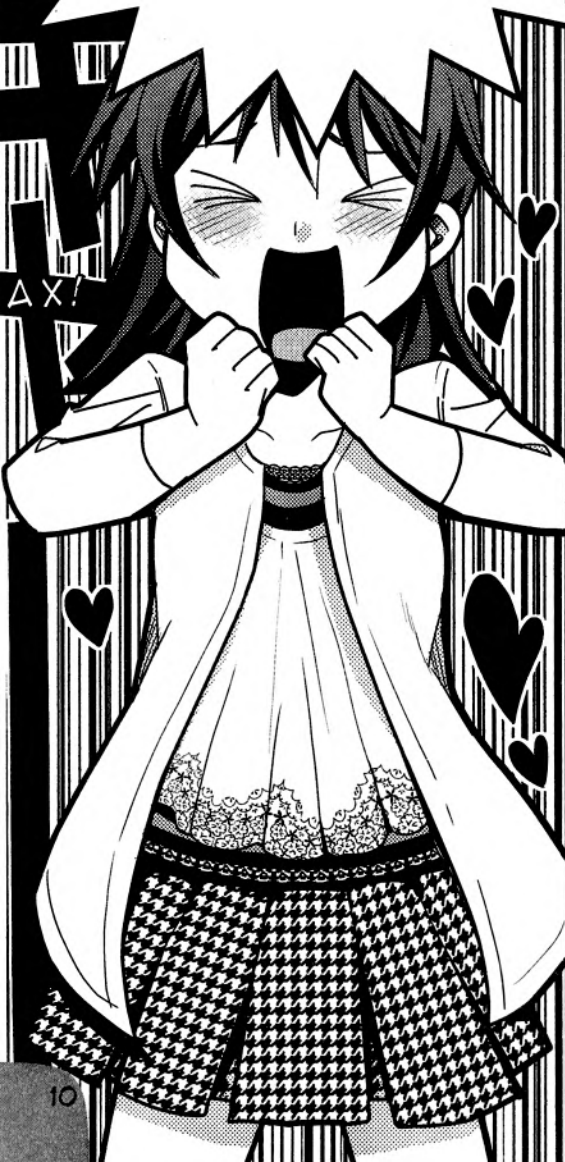
КОГДА
Я УВИДЕЛА
ВАШЕ ФОТО,
Я ГЛАЗ НЕ МОГЛА
ОТВЕСТИ!

Ну что ты...



КОНЕЧНО, БЮХИМИЯ
САМА ПО СЕБЕ
НЕ ВЛИЯЕТ
НА ВНЕШНОСТЬ...

ЗАТО ОНА ПОМОЖЕТ
ЛУЧШЕ ПОНЯТЬ, КАК
ТО, ЧТО МЫ ЕДИМ,
ВОЗДЕЙСТВУЕТ
НА НАС.



МЫ МОЖЕМ ИЗУЧИТЬ, КАК
В РЕЗУЛЬТАТЕ ХИМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ТО, ЧТО МЫ ЕДИМ,
РАСЩЕПЛЯЕТСЯ НА ОТДЕЛЬНЫЕ
ВЕЩЕСТВА, ИСПОЛЗУЕМЫЕ
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ
ОРГАНИЗМА.

ЭТИ ЗНАНИЯ ПОМОГУТ НАМ
ЛЕЧИТЬ РАЗЛИЧНЫЕ
БОЛЕЗНИ...

...И УЛУЧШИТЬ ОБЩЕЕ
САМОЧУВСТВИЕ.

ЕСЛИ ТЫ
ПОНИМАЕШЬ,
ЧТО ПРОИСХОДИТ
У ТЕБЯ ВНУТРИ,

ТЫ БУДЕШЬ
ЗАОРОВОЙ
И КРАСИВОЙ!

ВОТ ЭТО ДА!

ЕСЛИ Я НАЧНУ
УЧИТЬ БИОХИМИЮ...

...ТО СТАНУ КРАСИВОЙ,
КАК ПРОФЕССОР
КУРОСАКА!

И ОТКРОЮ
ДЛЯ СЕБЯ
СЕКРЕТЫ ЗАОРОВЬЯ!

Я ГОТОВА!

ВОТ ЭТО
НАСТРОЙ!

ХОРОШО...

ДЛЯ НАЧАЛА
ВЫПЕЙ
СТАКАН ВОДЫ.

ЗДЕСЬ
НАХОДИТСЯ РОБОТ -
НАСТОЛЬКО
МАЛЕНЬКИЙ, ЧТО
ЕГО НЕ ВИДНО
НЕВООРУЖЕННЫМ
ГЛАЗОМ.

МЫ
ИСПОЛЬЗУЕМ
ЕГО ДЛЯ ТОГО,
ЧТОБЫ ПОСМОТРЕТЬ,
ЧТО ПРОИСХОДИТ
У ТЕБЯ ВНУТРИ.

РОБОТ-ТАЛИСМАН.
ИМЯ: РОБОКОТ.
РАЗРАБОТКА
ЛАБОРАТОРИИ КУРОСАКИ

АО АНА!..

биль
биль
биль

Он!

ИТАК...

КРУТЬ

ПРИСТУПАЕМ
К ИЗУЧЕНИЮ БИОХИМИИ!

1

ЧТО ПРОИСХОДИТ В ТВОЁМ ОРГАНИЗМЕ



1. СТРУКТУРА КЛЕТКИ



ТЕБЕ УЖЕ
РАССКАЗЫВАЛИ
О КЛЕТКАХ НА
УРОКЕ
БИОЛОГИИ?

АА!

КЛЕТКИ ПОХОЖИ
НА МАЛЕНЬКИЕ ЯЧЕЙКИ,
КОТОРЫЕ НАПОЛНЯЮТ
НАШ ОРГАНИЗМ!

АМЕБЫ, БАКТЕРИИ И
ДРУГИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ
НАЗЫВАЮТСЯ ОДНО-
КЛЕТОЧНЫМИ, ТАК КАК
СОСТОЯТ ВСЕГО ИЗ
ОДНОЙ КЛЕТКИ.

АМЕБА

БАКТЕРИИ

ЖИВЫЕ СУЩЕСТВА,
ВИДИМЫЕ НЕВООРУ-
ЖЕННЫМ ГЛАЗОМ -
ТАКИЕ КАК ЛЮДИ, СОБАКИ,
РАСТЕНИЯ, - ЭТО МНОГО-
КЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ.
ОНИ СОСТОЯТ
ИЗ МНОГИХ КЛЕТОК.

ПРАВИЛЬНО!

НАПРИМЕР, В ТЕЛЕ
ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА
НЕВЕРОЯТНО МНОГО
КЛЕТОК... ОТ 60
ДО 100 ТРИЛЛИОНОВ.

КЛЕТКА - ЭТО МЕНЬШАЯ
ЕДИНИЦА НАШЕГО ТЕЛА,
КОТОРУЮ МОЖНО НАЗВАТЬ
"ЖИВОЙ".

УВЕРЕНА, ЧТО
У ПРОФЕССОРА
ДАЖЕ КЛЕТКИ
КРАСИВЫЕ!

Хи-хи!

СМОТРИТЕ,
ИЗОБРАЖЕНИЕ УЖЕ
ЗАГРУЗИЛОСЬ!

Клиц

Клиц

фш

Клетки Куми

НУ И НУ!
ВОТ ТАК
ВИАОК!

ВПЕЧАТЛЯЕТ,
НЕ ПРАВДА
ЛИ?

ПОПРОБУЕМ
УВЕЛИЧИТЬ ОТДЕЛЬ-
НУЮ КЛЕТКУ.

УВЕЛИЧЕНИЕ

Клиц

КАКОВО СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ?

В ЦИТОЗОЛЕ НАХОДИТСЯ МНОЖЕСТВО БЕЛКОВ, УГЛЕВОДОВ И ДРУГИХ КЛЕТОЧНЫХ ВЕЩЕСТВ. ИМЕННО ЗДЕСЬ ПРОТЕКАЮТ МНОГИЕ КЛЕТОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ: ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ, ТРАНСПОРТИРОВКА БЕЛКА И ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК.

КЛЕТКИ ЗАПОЛНЕНЫ ГУСТОЙ ЖИДКОСТЬЮ - ЦИТОЗОЛЕМ. В ЦИТОЗОЛЕ РАСПОЛАГАЮТСЯ КОМПОНЕНТЫ КЛЕТКИ, НАЗЫВАЕМЫЕ ОРГАНЕЛЛАМИ.

САМАЯ БОЛЬШАЯ ОРГАНЕЛЛА В ЦЕНТРЕ КЛЕТКИ - ЭТО ЕЕ ЯДРО.



Ядро

Эндоплазматическая сеть и рибосома

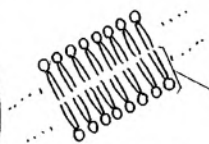
Аппарат Гольджи

Митохондрия

Лизосома

ЦИТОПЛАЗМА - ЭТО ОБЩИЙ ТЕРМИН ДЛЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЖИДКОЙ СРЕДЫ ВНУТРИ КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ И В ОРГАНЕЛЛАХ. КЛЕТОЧНАЯ МЕМБРАНА ПРЕСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ЛИПИДНЫЙ БИСЛОЙ (ДВОЙНОЙ СЛОЙ).

КЛЕТОЧНАЯ МЕМБРАНА ВЫПОЛНЯЕТ РЯД ВАЖНЫХ ФУНКЦИЙ, В ЧАСТНОСТИ ОБЕСПЕЧИВАЕТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КЛЕТОК, ПОГЛОЩЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ВЫВЕДЕНИЕ ШЛАКОВ.



Фосфолипид

ГИДРОФИЛЬНАЯ ЧАСТЬ СИЛЬНО ВЗАИМОДЕЙСТВУЕТ С ВОДОЙ

ФОСФАТНАЯ ГРУППА →



ЖИРНАЯ КИСЛОТА →

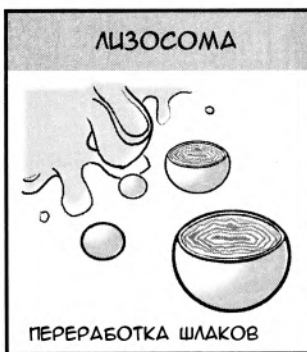
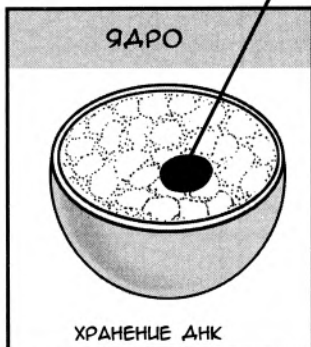
ГИДРОФОБНАЯ ЧАСТЬ СЛАБО ВЗАИМОДЕЙСТВУЕТ С ВОДОЙ

ФОСФОЛИПИДЫ ОБРАЗУЮТ ДВОЙНОЙ СЛОЙ, В КОТОРОМ ГИДРОФИЛЬНЫЕ ЧАСТИ ИХ МОЛЕКУЛ ОБРАЩЕНЫ НАРУЖУ, А ГИДРОФОБНЫЕ - ВНУТРЬ.



В ЯДРЕ КЛЕТКИ СОДЕРЖИТСЯ АЕЗОКСИРИБОНУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА (АНК), В КОТОРОЙ ЗАШИФРОВАНА ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ. НЕ СЛУЧАЙНО АНК ИНОГДА НАЗЫВАЮТ ОСНОВОЙ ЖИЗНИ.

ЯДРО СЧИТАЕТСЯ "УПРАВЛЯЮЩИМ ЦЕНТРОМ" КЛЕТКИ.



ХЛОРОПЛАСТЫ ЕСТЬ ТОЛЬКО У РАСТЕНИЙ И НЕКОТОРЫХ МИКРОБОВ.



Скрип... Скрип...

2. ЧТО ПРОИСХОДИТ ВНУТРИ КЛЕТКИ?

КЛЕТКИ ВЫРАБАТЫВАЮТ БЕЛКИ И ЭНЕРГИЮ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНИ.

В СВОЕЙ СОВОКУПНОСТИ ОНИ ПРЕСТАВЛЯЮТ СОБОЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ, ИЗ КОТОРОГО ФОРМИРУЮТСЯ ТЕЛА ЖИВЫХ СУЩЕСТВ.

ЭНЕРГИЯ

БЕЛОК

ЧТОБЫ ИЗУЧИТЬ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЖИВОМ ОРГАНИЗМЕ,



СНАЧАЛА НУЖНО ПОНЯТЬ, ЧТО ПРОИСХОДИТ ВНУТРИ ЕГО КЛЕТОК.

ИНТЕРЕСНО, ЧТО СЕЙЧАС ТВОРИТСЯ В МОИХ КЛЕТКАХ...

ГМ-М... ОБ ЭТОМ ЛУШЕ НЕ ДУМАТЬ.

Тук-тук

КУМИ, НЕ ОТВЛЕКАЙСЯ!

ВОТ ЧТО ПРОИСХОДИТ ВНУТРИ КЛЕТКИ!

СУЩЕСТВУЮТ И ДРУГИЕ ОСОБЕННОСТИ, О КОТОРЫХ МЫ ПОГОВОРИМ ПОЗЖЕ, А ПОКА СОСРЕДОТОЧИМСЯ НА ЧЕТЫРЁХ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССАХ:

- ① Синтез белка
- ② Метаболизм
- ③ Производство энергии
- ④ Фотосинтез (у растений, водорослей и некоторых бактерий)



СИНТЕЗ БЕЛКА

СЛОВО "БЕЛОК" У ТЕБЯ НАВЕРНЯКА АССОЦИИРУЕТСЯ С ПРОДУКТАМИ ПИТАНИЯ. НО...



ДЛЯ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ НАПОДОБНЕ НАС БЕЛКИ ЯВЛЯЮТСЯ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ, ОТ КОТОРЫХ В ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ ЗАВИСИТ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАШЕГО ОРГАНИЗМА.

НЕУЖЕЛИ БЕЛКИ В САМОМ ДЕЛЕ ТАК ВКУСНЫ... ОУ, ТО ЕСТЬ ВАЖНЫ?

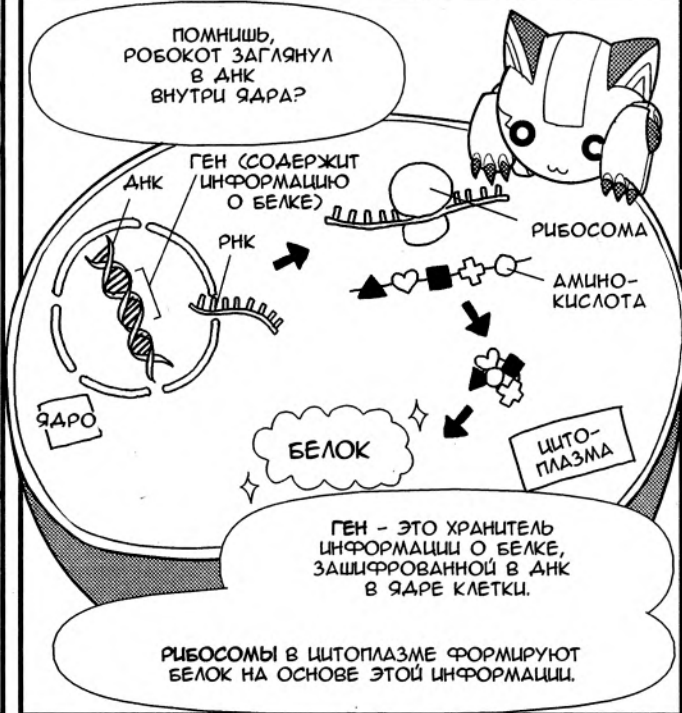
ДА! НАШЕ ЗДОРОВЬЕ ВО МНОГОМ ЗАВИСИТ ОТ ТОГО, КАК БЕЛКИ РАЗНОГО ТИПА ВЫПОЛНЯЮТ СВОИ ЗАДАЧИ:

- Поддерживают клеточную структуру.
- Обеспечивают пищеварение.
- Формируют мышцы.
- Защищают от вирусных, грибковых инфекций и паразитов.

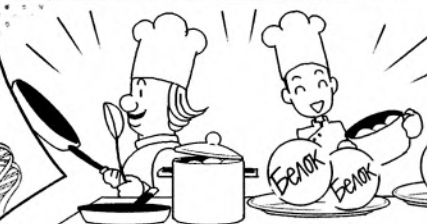


БЕЛКИ НЕПРЕРЫВНО ПРОИЗВОДЯТСЯ В КАЖДОЙ КЛЕТКЕ НАШЕГО ТЕЛА.

ПОМНИШЬ, РОБОКОТ ЗАГЛЯНУЛ В ДНК ВНУТРИ ЯДРА?



Рецепт



РИБОСОМЫ ПОДОБНЫ ПОВАРАМ, КОТОРЫЕ ПОЛЬЗУЮТСЯ РЕЦЕПТОМ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЛЮДА!

МЕТАБОЛИЗМ

ОБРАЗОВАННЫЕ В КЛЕТКАХ БЕЛКИ СРАЗУ ЖЕ НАЧИНАЮТ ВЫПОЛНЯТЬ ВАЖНУЮ РАБОТУ В ОРГАНИЗМЕ.

ОДНА ИЗ ИХ ФУНКЦИЙ - ЭТО...



...УСКОРЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И ЛЕКАРСТВ, ПРИНИМАЕМЫХ ПЕРОРАЛЬНО, И ПРЕВРАЩЕНИЕ ИХ В ПОЛЕЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА.

А ТАКЖЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ НЕНУЖНЫХ И ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ИХ ВЫВЕДЕНИЯ ИЗ ОРГАНИЗМА.

СОВОКУПНОСТЬ ПРОЦЕССОВ РАСЩЕПЛЕНИЯ И СИНТЕЗА НАЗЫВАЮТ МЕТАБОЛИЗМОМ.

БЕЛКИ ИГРАЮТ ГЛАВНУЮ РОЛЬ В УПРАВЛЕНИИ МЕТАБОЛИЗМОМ.

В ПРОЦЕССЕ ПИЩЕВАРЕНИЯ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ РАСЩЕПЛЯЮТСЯ НА КОМПОНЕНТЫ, КОТОРЫЕ УСВАИВАЮТСЯ ОРГАНИЗМОМ ДЛЯ ПОПОЛНЕНИЯ ЗАПАСОВ ЭНЕРГИИ. ЗА ВСЁ ЭТО ОТВЕЧАЮТ ОПРЕДЕЛЁННЫЕ БЕЛКИ!

НАПРИМЕР, ПОСКОЛЬКУ АЛКОГОЛЬ - СИЛЬНЫЙ ЯД ДЛЯ НАШЕГО ОРГАНИЗМА, ОН РАСЩЕПЛЯЕТСЯ КЛЕТКАМИ ПЕЧЕНИ И ПРЕВРАЩАЕТСЯ В НЕТОКСИЧНОЕ ВЕЩЕСТВО.

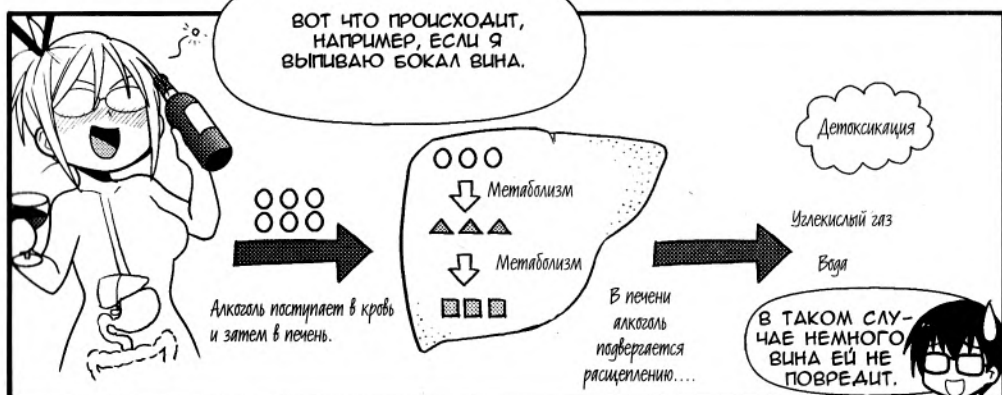
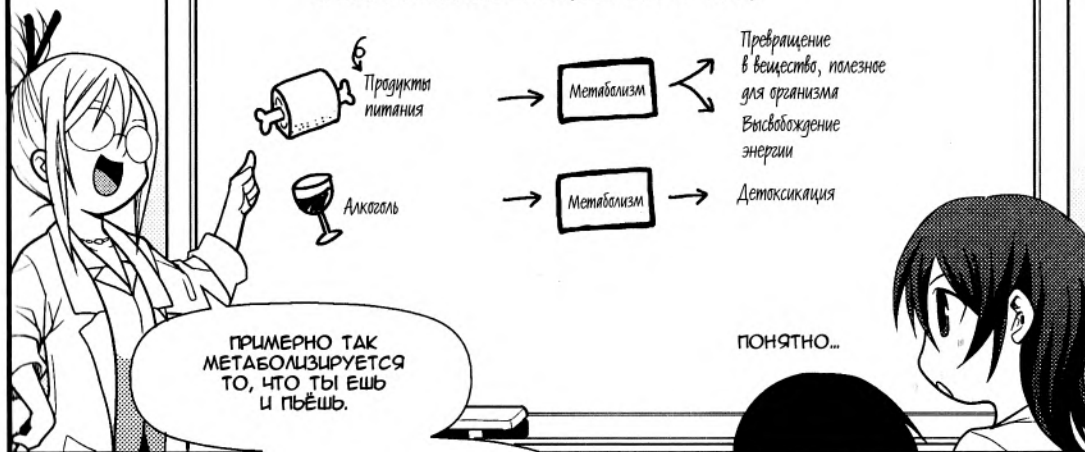
ЭТО ТОЖЕ РЕЗУЛЬТАТ РАБОТЫ ОПРЕДЕЛЁННОГО БЕЛКА!

ЛЕКАРСТВА, КОТОРЫЕ ТЫ ПРИНИМАЕШЬ ВО ВРЕМЯ БОЛЕЗНИ, ТАКЖЕ ДОЛЖНЫ РАСЩЕПЛЯТЬСЯ. БЕЛКИ В КЛЕТКАХ ПЕЧЕНИ УПРОЩАЮТ РАСПАД ЛЕКАРСТВ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, КОТОРЫЕ ВОЗДЕЙСТВУЮТ НА БОЛЬНЫЕ ОРГАНЫ.

Ням-м...

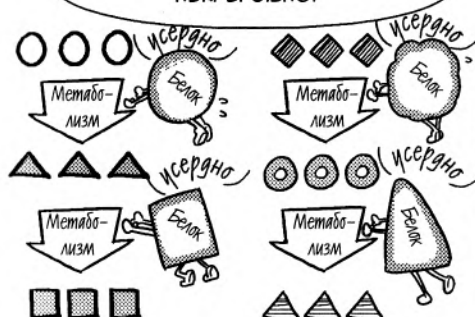
КХЕ, КХЕ

(БЕЛКИ, ЖИРЫ, УГЛЕВОДЫ, ВИТАМИНЫ,
МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА И Т.Д.)



МЕТАБОЛИЗМ
ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ
ПРИ ПОМОЩИ БЕЛКОВ...

ФУНКЦИИ БЕЛКОВ В КЛЕТОЧНОЙ
МЕМБРАНЕ, ЦИТОПЛАЗМЕ, ЯДРЕ
И ЛЮБОЙ ДРУГОЙ ОРГАНЕЛЛЕ
РАСПРЕДЕЛЕННЫ ТАКИМ ОБРАЗОМ,
ЧТО МЕТАБОЛИЗМ ПРОИСХОДИТ
НЕПРЕРЫВНО.



ОГО! БЕЛКИ
ПОСТОЯННО ЗАНЯТЫ
ВО ВНУТРЕННИХ
ПРОЦЕССАХ,
ДАЖЕ КОГДА Я
ОБЕДАЮ ИЛИ
СПЛЮ...

М-АА..
МОИ КЛЕТКИ
ТРУДЯТСЯ
АКТИВНЕЕ, ЧЕМ
Я ДУМАЛА...

ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ

КСТАТИ,
НЕМОТО...

ТЫ ГОВОРИЛ, ЧТО
В ЭТОМ МЕСЯЦЕ
СЛЕГКА
ПОИЗДЕРЖАЛСЯ?

Хи-хи...

ЧТО?!

АА НЕТ...
Я ИМЕЛ
В ВИДУ...

НУ ЛАДНО,
ПО ПРАВАЕ
ГОВОРЯ,
ДЕНЕГ У МЕНЯ
НЕ ГУСТО...

В СОВРЕМЕННОМ
МИРЕ ДЕНЬГИ
ПОЗВОЛЯЮТ НАМ
ОСУЩЕСТВЛЯТЬ
САМУЮ РАЗНУЮ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.

БОЛЬШЕ НЕ БУДУ ОБ-
СУЖДАТЬ СО СВОИМИ
ПЕДАГОГАМИ
ФИНАНСОВЫЕ
ПРОБЛЕМЫ...

ТОЧНО ТАК ЖЕ
И КЛЕТКАМ ТРЕБУЕТСЯ
НЕЧТО ВАЖНОЕ ДЛЯ
ИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

В НЕКОТОРОМ РОДЕ
ЭТО ИХ "ВАЛЮТА",
КОТОРУЮ ОНИ ТРАТЯТ
НА ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ.

АТФ

НАЗЫВАЕТСЯ ЭТО
ВЕЩЕСТВО
АДЕНОЗИНТРИФОСФАТ -
СОКРАЩЕННО АТФ.

ААЕНО... ЧТО?

ГМ... ЛУЧШЕ
ОСТАНОВИМСЯ
НА НАЗВАНИИ
АТФ.

**АТФ НЕОБХОДИМ
ДЛЯ МНОГИХ ПРОЦЕССОВ!**

- Синтез белка
- Химические реакции
- Фотосинтез

АТФ

КАК ВИАНИШЬ,
АТФ НАСТОЛЬКО ЖЕ
ВАЖЕН ДЛЯ КЛЕТОК И МЕТАБОЛИЗМА,
НАСКОЛЬКО ДЛЯ НАС ВАЖНЫ
ДЕНЬГИ.

БЕЗ ДЕНЕГ
ТЫ НИЧЕГО
НЕ МОЖЕШЬ...
КАК ЭТО ПЕЧАЛЬНО!

Хнык...

НЕужели ЕЕ ТАК
РАЗЖАЛОБИЛИ
МОИ ПРОБЛЕМЫ?

ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНЕННО
ВАЖНЫХ КЛЕТОЧНЫХ И МЕТАБО-
ЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КЛЕТКИ
ДОЛЖНЫ ПОСТОЯННО ВЫРАБАТЫ-
ВАТЬ АТФ. ДЛЯ ЭТОГО ИМ
ТРЕБУЮТСЯ САХАРА (УГЛЕВОДЫ)
И КИСЛОРОДА.

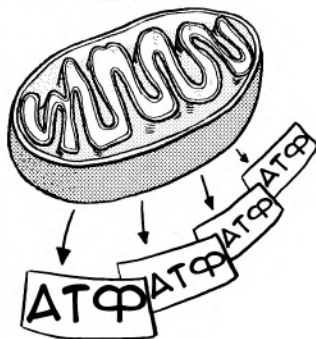
Я ХОЧУ
БОЛЬШЕ
АТФ!

НЕ БУДЕТ
ПРЕУВЕЛИЧЕНИЕМ
СКАЗАТЬ, ЧТО МЫ ЕДИМ
И ДЫШИМ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ
АТФ, КОТОРЫЙ
ВПОСЛЕДСТВИИ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СИНТЕЗА БЕЛКОВ.

ПОДОБНО ТОМУ
КАК МЫ ЗАРАБА-
ТЫВАЕМ СЕБЕ
НА ЖИЗНЬ,
ПРАВАА?

ЧТО НИ ДЕНЬ -
ТО ЗАРАБОТОК!

АТФ ВЫРАБАТЫВАЕТСЯ
МИТОХОНДРИЯМИ
ПРИ УЧАСТИИ БЕЛКОВ
В ЦИТОЗОЛЕ.



ЗАПОМНИ: АТФ - ЭТО
ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ,
КОТОРЫЙ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ
БЕЛКАМИ В НАШЕМ
ОРГАНИЗМЕ
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ
ЖИЗНИ.

ФОТОСИНТЕЗ

НУ ХОРОШО...

ПОСЛЕДНЯЯ ТЕМА
НА СЕГОДНЯ –
ФОТОСИНТЕЗ.

МЫ ПРОХОДИЛИ
ЭТО В ШКОЛЕ!

В РАСТЕНИЯХ
ЗЕЛЁНОГО ЦВЕТА
ПРОИСХОДИТ
ФОТОСИНТЕЗ.
АА?

ВЕРНО!

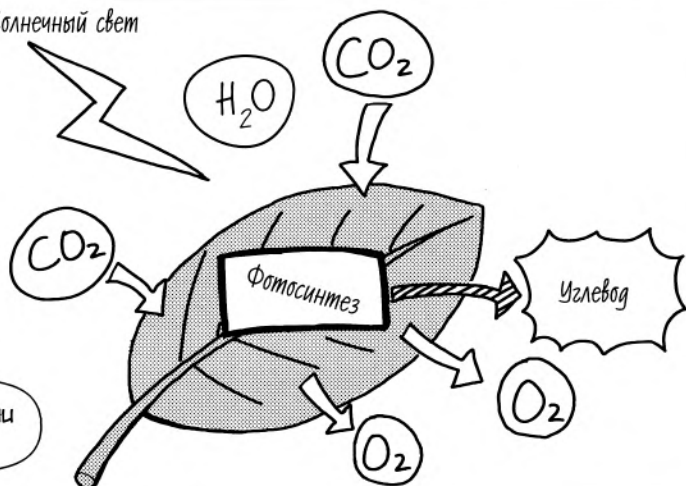
В КЛЕТКАХ ВСЕХ
ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ
СИНТЕЗИРУЕТСЯ БЕЛОК
И ПРОИЗВОДИТСЯ ЭНЕРГИЯ...

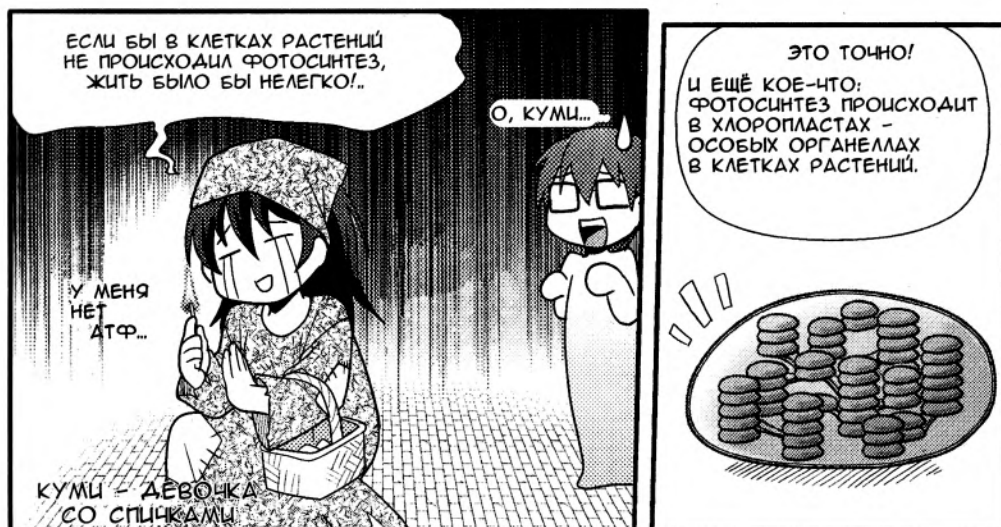
...НО ФОТОСИНТЕЗ ПРОИСХОДИТ
ТОЛЬКО В КЛЕТКАХ РАСТЕНИЙ,
ВОДОРОСЛЕЙ И НЕКОТОРЫХ
ВИДОВ БАКТЕРИЙ.

СКРИП,
СКРИП

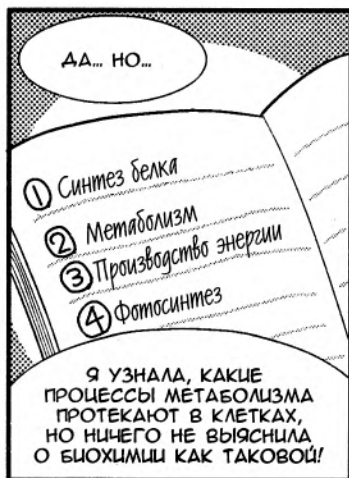
А ТЕПЕРЬ ВЗГЛЯНИ
НА СХЕМУ.

Солнечный свет





3. КЛЕТКА – МЕСТО ПРОТЕКАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ



БИОХИМИЯ СИНТЕЗА БЕЛКА

КАКИМ ОБРАЗОМ
ПРОИСХОДИТ
СИНТЕЗ БЕЛКА?

Аминокислоты

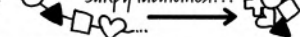


сцепляются...



закриваются...

и образуется
белок!



НА САМОМ ДЕЛЕ БЕЛОК
ОБРАЗУЕТСЯ ИЗ МНОЖЕСТВА
МАЛЕНЬКИХ МОЛЕКУЛ АМИНОКИСЛОТ,
КОТОРЫЕ СОЕДИНЯЮТСЯ
ДРУГ С ДРУГОМ.

СУЩЕСТВУЕТ
20 ОСНОВНЫХ
АМИНОКИСЛОТ,
УЧАСТВУЮЩИХ
В СИНТЕЗЕ БЕЛКА.



Аминокислоты

Белки

○+■+□+♥... → СОКРАЩЕНИЕ МЫШЦ
(АКТИН И МИОЗИН)
▲+♥+○+□+▲ → ФЕРМЕНТЫ
▽+♥+○+□+▲ → АНТИТЕЛА
+ + + + + → ВОЛОСЫ (КЕРАТИН)
▽+□+♥+○+▲ → КОЖА (КОЛАГЕН)

ЭТИ 20 АМИНОКИСЛОТ МОГУТ
СОЧЕТАТЬСЯ ДРУГ С ДРУГОМ
В РАЗНОМ КОЛИЧЕСТВЕ И РАЗНОМ ПОРЯДКЕ,
СОЗДАВАЯ МНОГОЧИСЛЕННЫЕ ВИДЫ БЕЛКОВ.

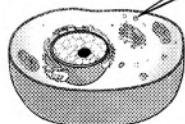


ПОХОЖЕ НА ОЖЕРЕЛЬЕ
ИЗ КОНФЕТОК!
КАК МИЛО...
И АППЕТИТНО!



СИНТЕЗ БЕЛКА
ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ В РИБОСОМАХ,
КОТОРЫЕ НАХОДЯТСЯ
В ЦИТОПЛАЗМЕ ИЛИ ПРИКРЕПЛЕННЫ
К ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ СЕТИ.

УВЕЛИЧЕНИЕ



РИБОСОМА



СНЕГОВИК?!



РИБОСОМЫ КАЖУТСЯ
ПОХОЖИМИ НА РИСОВЫЕ
ЗЕРНЫШКИ. НО ПРИ УКРУП-
НЕНИИ СТАНОВИТСЯ ВИДНО,
ЧТО У НИХ БОЛЕЕ СЛОЖНАЯ
ФОРМА.

НЕМНОГО УПРОШАЯ,
МОЖНО СКАЗАТЬ, ЧТО
РИБОСОМА НАПОМИНАЕТ
СНЕГОВИКА.





КАК ЖЕ
РИБОСОМА
МОЖЕТ
ОБРАЗОВАТЬ
БЕЛОК?

ДЕЛО В ТОМ,
ЧТО ИМЕННО
В РИБОСОМЕ
ПРОИСХОДИТ
СОЕДИНЕНИЕ
АМИНОКИСЛОТ.

АГА, ПОНИМАЮ!
ТАМ "КОНФЕТКИ"
СВЯЗЫВАЮТСЯ
В "ОЖЕРЕЛЬЕ".



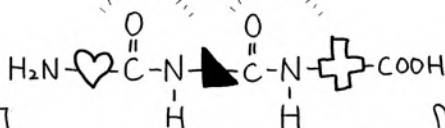
ЕСЛИ ГОВОРИТЬ ТОЧНЕЕ,
РИБОСОМА ВЫГЛЯДИТ КАК
СНЕГОВИК, СТОЯЩИЙ НА ГОЛОВЕ.

ЭТИ АМИНОКИСЛОТЫ
СОЕДИНЯЮТСЯ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ХИМИ-
ЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ,
АА?

Разделены...



ХИМИЧЕСКАЯ
РЕАКЦИЯ



Отдельная аминокислота

Соединены!

ПРАВИЛЬНО!
В ХОДЕ ЭТОЙ РЕАКЦИИ СВЯЗЫВАЮТСЯ
ДВЕ РАЗНЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ. ЗАТЕМ
К НИМ ПРИСОЕДИНЯЮТСЯ ДРУГИЕ,
И ОЧЕНЬ СКОРО НА ОСНОВЕ ЭТОГО
СОЕДИНЕНИЯ ВОЗНИКАЕТ БЕЛОК.



ЗАПОМНИ, КУМЫ:
БИОХИМИЯ - ЭТО
ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ,
ПРОТЕКАЮЩИХ
В ЖИВЫХ
ОРГАНИЗМАХ...

А-А!
ИМЕННО ОБ ЭТОМ
МНЕ РАССКАЗЫВАЛ
НЕМОТО, КОГДА
ЗАШЁЛ КО МНЕ
В ГОСТИ.

ТЕПЕРЬ ТЫ
ВСЁ ПОНЯЛА!

СОЕДИНЕНИЕ
АМИНОКИСЛОТ,
В РЕЗУЛЬТАТЕ
КОТОРОГО ОБРАЗУЕТСЯ
БЕЛОК, - ЭТО
ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ.

ТАК ЧТО СИНТЕЗ
БЕЛКА - ЭТО
БИОХИМИЧЕСКИЙ
ПРОЦЕСС.

БЕЛОК

БИОХИМИЯ МЕТАБОЛИЗМА

ПОМНИШЬ, МЫ
ГОВОРИЛИ О ТОМ, ЧТО
ПРЕВРАЩЕНИЯ ОДНИХ ВЕЩЕСТВ
В ДРУГИЕ ОТНОСЯТСЯ
К МЕТАБОЛИЗМУ?

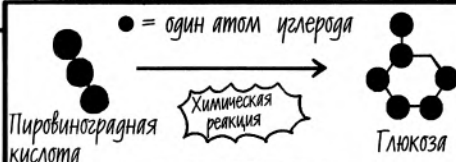
Вещество А $\longrightarrow$ Вещество В

ХИМИЧЕСКАЯ
РЕАКЦИЯ

АА,
МЕТАБОЛИЗМ - ЭТО
МНОЖЕСТВО
ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ!

УГУ...

ЧИРК,
ЧИРК



НАПРИМЕР, ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗ,
ПРОТЕКАЮЩИЙ В КЛЕТКАХ ПЕЧЕНИ
И ПОЧЕК, - ЭТО ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ,
В ХОДЕ КОТОРОЙ ПИРОВИНОГРАДНАЯ
КИСЛОТА ПРЕВРАЩАЕТСЯ В УГЛЕВОД,
НАЗЫВАЕМЫЙ ГЛЮКОЗОЙ.



А ЛИПОГЕНЕЗ - ЭТО
РЕАКЦИЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ
УГЛЕВОДОВ В ЖИР. ЭТО
ПРОИСХОДИТ, ЕСЛИ В ТВОЕЙ
ОРГАНИЗМ ПОСТУПАЕТ
ИЗБИТОК УГЛЕВОДОВ.

жир?!

БР-Р-Р-Р!
КАКАЯ МЕРЗОСТЬ!
ЭТО ПРОСТО
УЖАСНАЯ
ХИМИЧЕСКАЯ
РЕАКЦИЯ!

И НЕ ЗАБЫВАЙ
ПРО ДЕТОКСИКАЦИЮ
АЛКОГОЛЯ...

ТЕПЕРЬ ТЫ
ПОНИМАЕШЬ,
КУМИ?

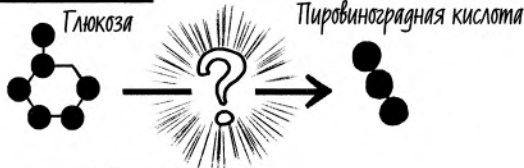
ИЗУЧАЯ
ПРОЦЕССЫ
МЕТАБОЛИЗМА,
ТЫ УЧИШЬ
БИОХИМИЮ!

ХНЫК

БИОХИМИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ



ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ -
ТАКЖЕ ЯВЛЯЕТСЯ
СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
МЕТАБОЛИЗМА.



Вещество А $\rightarrow$ Вещество В

ХИМИЧЕСКАЯ
РЕАКЦИЯ

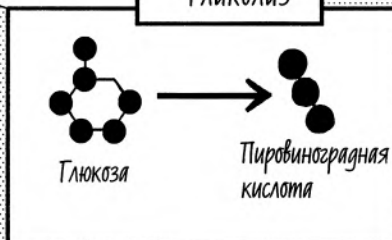
С ЦЕЛЬЮ ПРОИЗВОДСТВА
ЭНЕРГИИ ГЛЮКОЗА
ПРЕЖДЕ ВСЕГО
РАСЩЕПЛЯЕТСЯ
НА ПИРОВИНОГРАДНУЮ
КИСЛОТУ В ЦИТОЗОЛЕ.

ЧТО-ТО ЗНАКОМОЕ...
ВЫ, КАЖЕТСЯ, УЖЕ УПОМИНАЛИ
ПИРОВИНОГРАДНУЮ КИСЛОТУ
И ГЛЮКОЗУ?

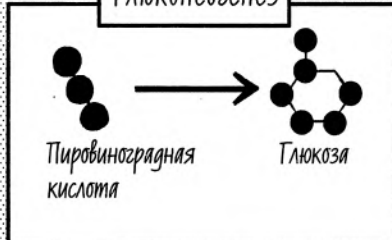


АА, КОНЕЧНО! РЕАКЦИЯ, О КОТОРОЙ
Я СЕЙЧАС ГОВОРЮ, ОБРАТНА
ПРОЦЕССУ ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗА.
А НАЗЫВАЕТСЯ ОНА ГЛИКОЛИЗ.

ГЛИКОЛИЗ



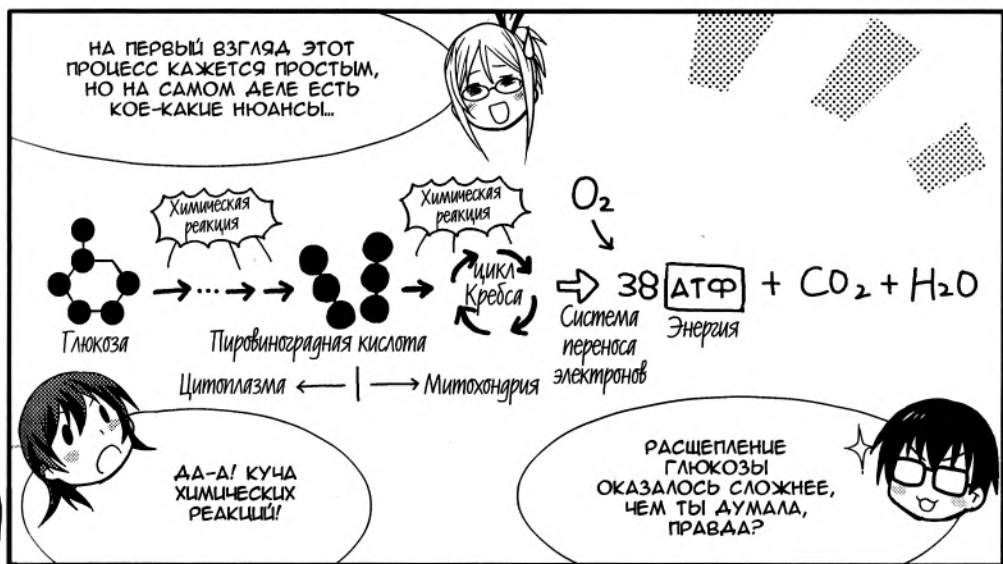
ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗ



Поклонимся
с ними!

ГЛИКОЛИЗ - ЭТО, ПО СУТИ,
РАСЩЕПЛЕНИЕ УГЛЕВОДОВ!



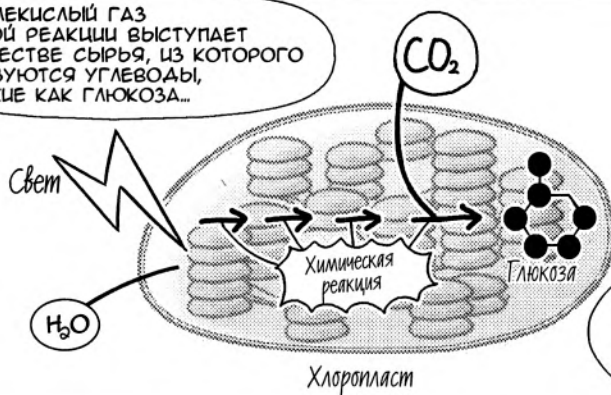


БИОХИМИЯ ФОТОСИНТЕЗА

И НАКОНЕЦ,
РАССМОТРИМ
ФОТОСИНТЕЗ
У РАСТЕНИЙ.

ПОД
ВОЗДЕЙСТВИЕМ
СОЛНЕЧНОГО СВЕТА
В ХЛОРОПЛАСТАХ,
СОДЕРЖАЩИХСЯ
В КЛЕТКАХ РАСТЕНИЙ,
НАЧИНАЕТСЯ СЛОЖНАЯ
ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ.

УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ
В ЭТОЙ РЕАКЦИИ ВЫСТУПАЕТ
В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ, ИЗ КОТОРОГО
ОБРАЗУЮТСЯ УГЛЕВОДЫ,
ТАКИЕ КАК ГЛЮКОЗА...



ИТАК, КУМИ, ЧТО
ТЫ МОЖЕШЬ СКАЗАТЬ
ОБО ВСЕХ ЭТИХ КЛЕТОЧ-
НЫХ ПРОЦЕССАХ? ЧТО
МЕЖДУ НИМИ
ОБЩЕГО?

Э... ГМ... НУ-У...

- ① Синтез белка
 - ② Метаболизм
 - ③ Производство энергии
- Фотосинтез

ВСЁ ЭТО
ХИМИЧЕСКИЕ
РЕАКЦИИ?

ОТЛИЧНО!

ТЫК

КУМИ
ПОЛУЧАЕТ
ПЯТЬ
С ПЛЮСОМ!

ГЛАВНОЕ, ЧТО ТЫ
ДОЛЖНА УСВОИТЬ
НА СЕГОДНЯ, -

...ЧТО ВСЕ ПРОЦЕССЫ,
ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЖИВЫХ
КЛЕТКАХ, ПРЕСТАВЛЯЮТ
СОБОЙ ХИМИЧЕСКИЕ
РЕАКЦИИ!

ХРУСТЬ

...И СЕЙЧАС, ПОКА МЫ БЕСЕДУЕМ,
В ТВОЁМ ОРГАНИЗМЕ
ПРОИСХОДЯТ БЕСЧИСЛЕННЫЕ
ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ!

Химические
реакции

① ② ③ ④

УХ ТЫ...

ДАЖЕ КАК-ТО
СТРАШНОВАТО.

ПРИЧЁМ ПРОИСХОДЯТ
ОНИ С НЕВЕРОЯТНОЙ
БЫСТРОТОЙ - ГЛАЗОМ
НЕ УСПЕЕШЬ
МОРГНУТЬ!

АА... ЖИЗНЬ -
ЗАНЯТАЯ
ШТУКА...

И ВСЁ ЭТО -
В ТАКИХ МАЛЕНЬ-
КИХ, МИКРОСКОПИ-
ЧЕСКИХ КЛЕТКАХ!
ФАНТАСТИКА...

БИОХИМИЯ -
ЭТО ТАК
ИНТЕРЕСНО!

НУ ХОРОШО!

СЕГОДНЯШНИЙ
УРОК
ОКОНЧЕН!

ЧЁТКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ
ЭТИХ ПРОЦЕССОВ
ГАРАНТИРУЕТ, ЧТО ОНИ
ОСУЩЕСТВЛЯЮТСЯ
БЕЗ СБОЕВ.
ЭТО КРАЙНЕ ВАЖНО
ДЛЯ ЖИЗНИ КЛЕТКИ.





ЧТО?! НЕ-ЕТ!
МНЕ ПРОСТО НРАВИТСЯ
РАССКАЗЫВАТЬ ЛЮДЯМ
О БИОХИМИИ,
ВОТ И ВСЁ!

НУ ДА,
КОНЕЧНО...



А ПО-МОЕМУ,
МЕЖДУ ВАМИ
ЕСТЬ НЕКАЯ
РЕАКЦИЯ... М-М...
ПРЯТАНЕНЦА.



ЧТО ВЫ! МЕНЯ УВЛЕ-
КАЕТ ТОЛЬКО НАУКА.
ДА Я БЫ НИКОГДА...



ЛАДНО,
НЕМОТО.
НИ СЛОВА
БОЛЬШЕ.
Я ПОНЯЛА.



ДАВНО МНЕ
НЕ ПРИХОДИЛОСЬ
ВЫДЕТЬ ТАКОЙ
ВЛЮБЛЁННОСТИ!

ЕСТЬ
ТОЛЬКО
ОДИН
ВЫХОД...



ПРИЙТИ ИМ
НА ПОМОЩЬ!

4. БИОХИМИЯ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В этом разделе поясняется ряд терминов, необходимых для изучения биохимии.



УГЛЕРОД

Прежде всего рассмотрим наиважнейший элемент в биохимии – *углерод*.

В периодической таблице химических элементов углерод обозначается символом С, его атомный номер – 6, атомная масса – 12,0107. Его по праву считают основой жизни: именно углерод содержался в первых живых организмах на Земле. И сейчас он является основой построения всех органических соединений, из которых практически полностью состоят живые ткани. В основе структуры сложных органических молекул (например, биополимеров) также находится углерод: он способен образовывать четыре устойчивые связи – это очень много для одного химического элемента. Белки, липиды, углеводы, полинуклеотиды, витамины в основе своей содержат углерод.

Хотя этот элемент очень широко распространён – в той или иной форме он встречается не только в биосфере Земли, но и в литосфере, атмосфере и гидросфере, – его общий объём всё же ограничен. Таким образом наблюдается круговорот углерода в природе. Атомы углерода из воздуха попадают в почву, в минералы, а затем в организмы живых существ. Это называется биогеохимическим циклом. Углерод в клетках нашего тела, возможно, когда-то пребывал в скелете динозавра!..



ХИМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ

Вступая в реакцию с другими элементами – кислородом, водородом, азотом – углерод образует различные химические соединения. За исключением некоторых газов, таких как гелий и аргон, почти все химические вещества состоят из молекул, в которых ряд атомов соединяется друг с другом посредством химической связи. Например, молекула воды (H_2O) образуется при соединении двух атомов водорода (H) с одним атомом кислорода (O).

Существует несколько типов химических связей, в том числе *ковалентные*, в которых пары атомов обмениваются электронами, *ионные*, в которых атомы с противоположным зарядом притягиваются друг к другу, и *металлические*, в которых облако электронов вращается вокруг группы атомов металла.

Все четыре устойчивые связи, которые формирует углерод, являются ковалентными.



БИОПОЛИМЕРЫ

Биополимеры – крайне важные вещества с точки зрения биохимии.

Биополимеры – общее название крупных органических молекул с модульной структурой. Это означает, что такие молекулы состоят из повторяющихся звеньев, «нанизываемых» по принципу бус. Белки, липиды, полинуклеотиды и полисахариды – всё это биополимеры. Поскольку молекулы у биополимеров, как правило, очень крупные, они нередко образуют сложные структуры, благодаря чему находят широкое применение в таких системах, как живые клетки.

Биополимеры могут образовывать сложные цепи не только потому, что они стыкуются по принципу «нанизывания бус». Для примера рассмотрим белки. Представим белок как своего рода «ожерелье», где вместо бусин используются блоки из деталей конструктора «Лего», каждый из которых может соединяться с другими блоками. Это ожерелье может скручиваться в разных направлениях, поэтому неважно, далеко ли друг от друга отстоят разные блоки, если вытянуть их в цепь: при скручивании они могут оказаться рядом и соединиться друг с другом. Вообразите, сколько разных причудливых комбинаций можно было бы создать на основе такого «ожерелья», будь оно длиной в одну милю!.. Конечно, это довольно упрощённое представление о структуре белка, но общая идея ясна.



ФЕРМЕНТЫ

Поскольку биохимия изучает химические процессы в живых клетках, важно понимать, что это за реакции и как они протекают. Важную роль в этом процессе играют *ферменты* (энзимы). Это белки, которые действуют как катализаторы; иными словами, они ускоряют химические реакции. Ферменты катализируют практически все реакции в организме.

Вещество, на которое при этом воздействует фермент, называется *субстратом*, а новое вещество, образуемое в результате, – *продуктом реакции*. Активность фермента зависит от внутренней среды организма (температуры, уровня pH и других факторов), а также от наличия субстрата и, в ряде случаев, концентрации продукта.

Хотя все ферменты, по сути, являются белками, учёные не так давно обнаружили, что особый тип рибонуклеиновой кислоты (РНК) также может ускорять определённые химические реакции. Этот тип назвали *ферментативной РНК*, или *рибозимом*.

Ферменты, играющие роль катализаторов различных химических реакций, можно грубо разделить на 6 классов, о чём подробно будет рассказано в главе 4. Ферменты первого из этих классов называются *окислительно-восстановительными ферментами*.



РЕАКЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ–ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Окисление-восстановление – это одна из наиболее важных реакций, катализируемых ферментами, в ходе которой между двумя веществами происходит обмен электронами. Вещество, теряющее электрон, окисляется, а вещество, к которому он переходит, – восстанавливается. Как правило, обе эти реакции происходят одновременно: одно вещество

отдаёт электрон, а другое его забирает. Обмен электронами часто сопровождается перемещением ионов водорода (протонов, H^+), причём НАДФН, НАДН и тому подобные соединения (которые мы обсудим в главе 2) выступают в качестве агентов восстановления.



ДЫХАНИЕ

В главе 2 мы рассмотрим процесс *дыхания*. В широком смысле дыхание – это получение энергии путём расщепления крупных химических соединений. Но это самое общее определение, которое необходимо уточнить.

В процессе дыхания органическое вещество (к примеру, углеводы, содержащиеся в макаронной пасте) расщепляется на простые неорганические компоненты, такие как углекислый газ (CO_2) и воду (H_2O). Энергия высвобождается, когда электроны переходят от одной молекулы к другой (реакция окисления-восстановления) «конвейерным методом», покуда не достигают кислорода (O_2). Этот процесс называется *внутренним, или клеточным, дыханием*.

Кислород, который мы только что упомянули, очень важен в процессе дыхания. Он поступает в организм из воздуха, который мы вдыхаем, а углекислый газ образуется как побочный продукт клеточного дыхания. Поступление кислорода в лёгкие и выдыхание углекислого газа именуется *внешним, или лёгочным, дыханием*.



МЕТАБОЛИЗМ

Совокупность процессов, в результате которых изменяется состав химических веществ в организме, называется *метаболизмом*. В широком смысле метаболизм можно разделить на обмен веществ и обмен энергией. Однако, поскольку метаболизм обычно включает в себя оба эти процесса, такое разграничение весьма условно. В этой книге под метаболизмом понимается обмен веществ.

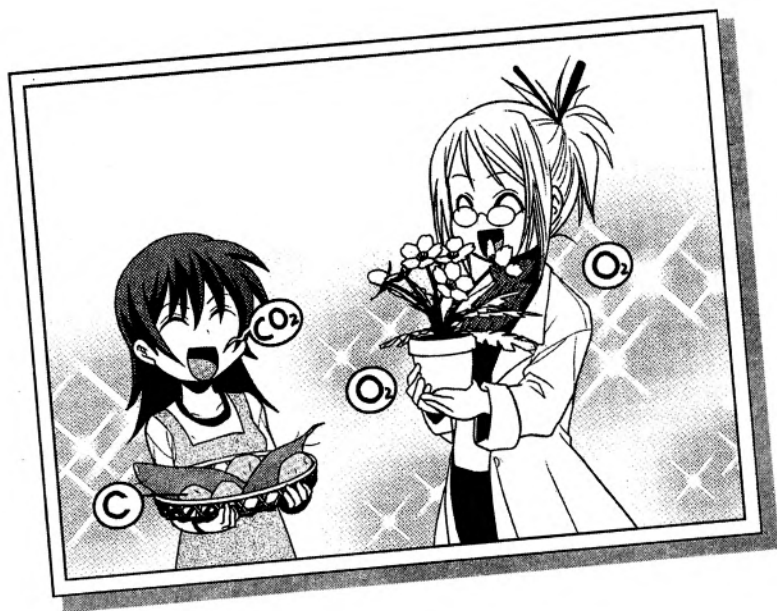
Обмен веществ означает изменение в составе химических веществ, содержащихся в организме. Происходит это, в числе прочего, за счёт химических реакций, катализируемых ферментами. Расщепление сложного вещества на более простые называется *катаболизмом*, а обратная реакция – образование сложного вещества путём синтеза нескольких простых веществ – *анаболизмом*.

Обмен энергией означает, что в процессе анаболизма и катаболизма живое существо теряет или получает энергию. Например, энергия, полученная в процессе дыхания и фотосинтеза, сохраняется в форме АТФ и других аккумуляторов энергии.

2

ФОТОСИНТЕЗ И ДЫХАНИЕ

.....



1. ЭКОСИСТЕМЫ И ЦИКЛ

ЭКОСИСТЕМЫ И БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ



АА! ЛИЧНО Я
ОБЯЗУЮСЬ БЕРЕЧЬ
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
И НЕ ВКЛЮЧАТЬ
КОНДИЦИОНЕР.

ЛУЧШЕ,
КОГДА БУДЕТ ЖАРКО,
Я БУДУ ЕСТЬ
МОРОЖЕНОЕ.

НЯМ-НЯМ!
КАК
ВКУСНО!

ВООБЩЕ-ТО
Я НЕ ЭТО ИМЕЛ
В ВИДУ...

ПОНЯТИЕ
"ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА"
ДОВОЛЬНО ШИРОКОЕ.
ОТКУДА МНЕ ЗНАТЬ,
ЧТО ТЫ ИМЕЛ В ВИДУ?

ТЕБЯ СМУЩАЕТ
РАЗГОВОР
О ТАКИХ ГЛОБАЛЬНЫХ
ВЕЩАХ?

НУ КОНЕЧНО, ОНА К ЭТОМУ
НЕ ПРИВЫКЛА! ДАВАЙ
ОБЪЯСНИМ КУМИ, ЧТО ТАКОЕ
ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА.

ХРУМ!

С ПОНЯТИЕМ "ОКРУЖАЮЩАЯ
СРЕДА" ТЕСНО СВЯЗАНО
ПОНЯТИЕ "ЭКОСИСТЕМА".

ОНО ОЗНАЧАЕТ СОВОКУПНОСТЬ ВСЕХ
РАСТЕНИЙ, ЖИВОТНЫХ И ДРУГИХ ЖИВЫХ
СУЩЕСТВ, А ТАКЖЕ ОБЪЕКТОВ НЕЖИВОЙ
ПРИРОДЫ, РАСПРОСТРАНЁННЫХ
В ОПРЕДЕЛЁННОМ АРЕАЛЕ...

ЭТО ЗНАЧИТ, ЧТО ОНИ
ОБРАЗУЮТ ЕДИННОЕ ЦЕЛОЕ,
ТО ЕСТЬ СИСТЕМУ.



ПОСКОЛЬКУ
ВСЕ ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ
НА ЗЕМЛЕ ВЗАИМОСВЯЗАНЫ
БЛАГОДАРЯ
ЕСТЕСТВЕННОМУ ЦИКЛУ...

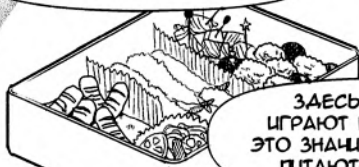


НЕ БУДЕТ ПРЕУВЕЛИЧЕНИЕМ
СКАЗАТЬ, ЧТО ВСЯ НАША ЗЕМЛЯ -
ЭТО ГИГАНТСКАЯ ЭКОСИСТЕМА.

НУ И НУ...



НО КАК ЖЕ
ПОДДЕРЖИВАЕТСЯ
ТАКАЯ ОГРОМНАЯ
ЭКОСИСТЕМА?



ЗАЭСЬ ВАЖНУЮ РОЛЬ
ИГРАЮТ ПИЩЕВЫЕ ЦЕПОЧКИ.
ЭТО ЗНАЧИТ, ЧТО ОДНИ ОСОБИ
ПИТАЮТСЯ ДРУГИМИ. НО...



ТУТ НАМ НУЖНО
ПОНЯТЬ, ЧТО
ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ
ЭКОСИСТЕМА
С ХИМИЧЕСКОЙ
ТОЧКИ ЗРЕНИЯ.

В КОНЦЕ КОНЦОВ,
МЫ ЖЕ ИЗУЧАЕМ
БИОХИМИЮ!



ВСЕ ЧАСТИ ЭТОЙ СИСТЕМЫ
ОБЪЕДИНЕНЫ В ОДНОМ
БИОГЕОХИМИЧЕСКОМ
ЦИКЛЕ.

Биогеохимический цикл



ЦИКЛ - ЭТО ЧТО-ТО
НЕПРЕРЫВНО
ПОВТОРЯЮЩЕЕСЯ?



АА, ИМЕННО!

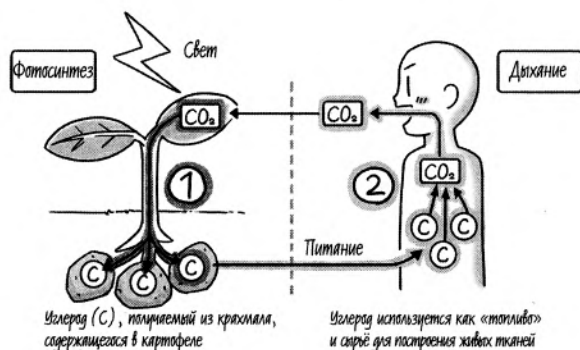


РАССМОТРИМ
БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ
ЦИКЛЫ ПОПОДРОБНЕЕ.

ЧТО ТАКОЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ?



Элементы глобальной экосистемы, в том числе пищевые цепи, дыхание и фотосинтез, являются частью циклического процесса, который известен в науке под названием *биогеохимического цикла*.



Когда одно живое существо, например медведь, съедает другое, например рыбу, то вещества, из которых состоит организм рыбы, переходят в организм медведя. Очень важную роль в переносе веществ играет углерод (C).



Взглянем на схему. Если Куми съела блюдо из картофеля, содержащий в нем углерод перейдёт в организм Куми.



А когда я дышу, углерод, который содержится у меня внутри, превращается в углекислый газ (CO₂) и выводится из организма!



Верно! Затем углекислый газ поглощается растениями в процессе фотосинтеза и преобразуется в углерод, который участвует в образовании крахмала (одного из видов углеводов).



Наконец, Куми (или какое-нибудь голодное животное – например, корова) съедает очередную картофелину и таким образом усваивает углерод.



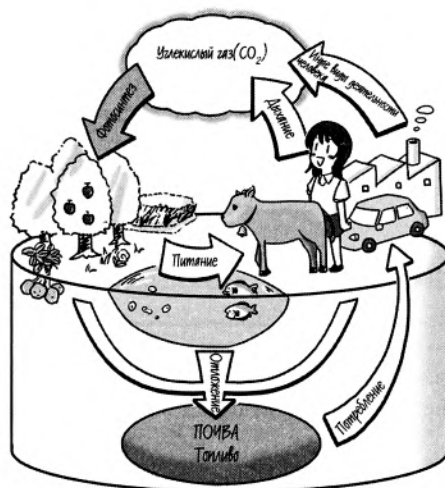
Поскольку Куми ест говядину, она получает углерод и из организма коровы.



М-м-м! До чего же я люблю чизбургеры!.. Короче говоря, углерод только и делает, что путешествует туда-сюда! Это и называется биогеохимическим циклом?..



Ага! И этот цикл совершается в масштабах всей Земли!



Ну и ну! Рис, картофель, яблоки, которые я ем, – всё это так или иначе связано с углекислым газом, который выдыхают живые существа...



Путешествует по планете не только углерод. Водород (H), кислород (O), азот (N) и сера (S) точно так же проходят свои циклы – кочуя от организма к организму, переходя в атмосферу, растворяясь в океане и погружаясь глубоко в почву.

Если этот цикл не нарушается, глобальная экосистема остаётся в равновесии.

УГЛЕРОДНЫЙ ЦИКЛ



Теперь я поподробнее объясню, что такое углеродный цикл.



Гм-м... опять углерод? Мы уже немного о нём поговорили, но я так толком и не усвоила, что это такое.

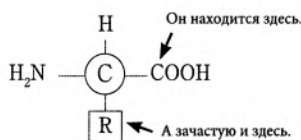


Ну ничего! Немото, ты можешь вкратце рассказать Куми об углероде?

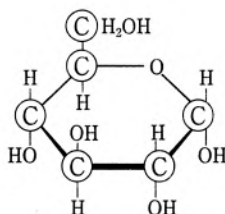


Конечно. Углерод – один из наиболее важных химических элементов для живых организмов, в том числе и человека.

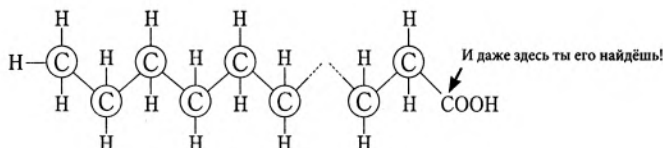
Углерод – центральная часть аминокислот, которые являются «строительным материалом» для белков. Кроме того, углерод образует каркас молекул углеводов и липидов, а также является важной составляющей ДНК.



Аминокислота



Глюкоза



Жирная кислота



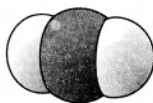
Видишь? Во всех этих формулах присутствует углерод (C).



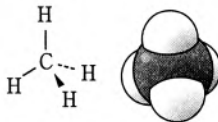
Да уж! Похоже, нам и впрямь было бы нелегко обходиться без этого самого углерода. Для нас он имеет очень важное значение!



Когда углерод выводится из организма, он может образовывать углекислый газ (CO_2) в соединении с двумя атомами кислорода или метан (CH_4) в соединении с четырьмя атомами водорода.



Углекислый газ



Метан



Кроме прочего, углерод может накапливаться глубоко под землёй и по прошествии длительного промежутка времени превращаться в нефть, уголь и даже алмазы.



Нефть! Алмазы!... Чудесная штука этот самый углерод!



Это точно. Но, к сожалению, углерод – это не только земные сокровища... Циркуляция углерода на планете очень важна. Если баланс этого вещества в природе нарушается, то объём углекислого газа возрастает неконтролируемым образом...



...И это может вызвать серьёзные экологические проблемы?



Ну вот, оказывается, всё совсем не так уж безоблачно...



Всё, о чём мы говорили, станет понятнее, если представить Землю как единую систему циркуляции – и с этой же позиции рассмотреть организм человека. Это позволит нам увидеть, насколько важен баланс веществ в таких системах и насколько опасно его нарушать. Зная это, мы сможем по-новому взглянуть и на проблемы здоровья и красоты...



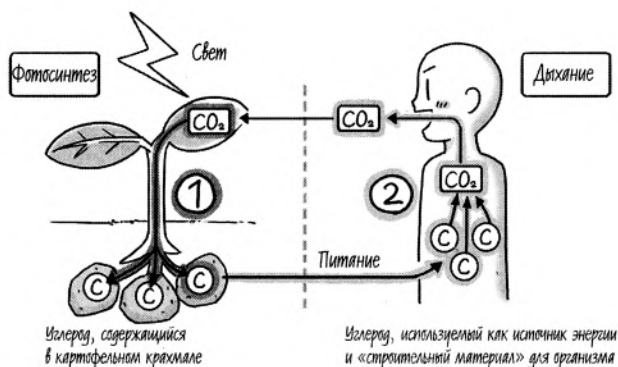
Здоровье? Красота?.. Я вся внимание!



(Да-а, профессор Куросака знает, как заинтересовать Куми...)



И снова обратимся к схеме.



Взглянем на рис. 1 (слева). Здесь представлена трансформация углерода: растения в ходе фотосинтеза поглощают углекислый газ из атмосферы и используют его в качестве основы для образования углеводов.

А теперь посмотрим на рис. 2 (справа). Здесь показана другая реакция: углеводы перерабатываются в живом организме и снова преобразуются в углекислый газ. В процессе дыхания он возвращается в атмосферу.

Рассмотрим оба эти процесса подробнее. Теперь, когда наш завтрак окончен, ничто не помешает нам грызть гранит науки!..

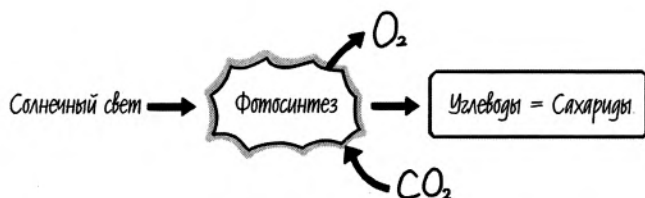


Ура-а!

2. ОБСУЖДАЕМ ФОТОСИНТЕЗ

ВАЖНАЯ РОЛЬ РАСТЕНИЙ

Основа экосистемы – растения, водоросли и некоторые бактерии – служат источником питания всех живых существ. С участием этих организмов происходит фотосинтез – процесс, в ходе которого образуются углеводы и кислород (O_2). Происходит это при взаимодействии углекислого газа с водой, молекулы которой расщепляются на атомы на солнечном свете. Углеводы (сахариды) – жизненно важные для нас вещества.



Вот почему растения называют *продуцентами* (то есть производителями), между тем как люди и животные считаются *консументами* (потребителями).

Но значение фотосинтеза не исчерпывается одним лишь образованием углеводов. Кроме прочего, этот процесс обеспечивает устойчивое, сбалансированное присутствие углекислого газа в атмосфере, а также образование кислорода, необходимого животным и человеку.



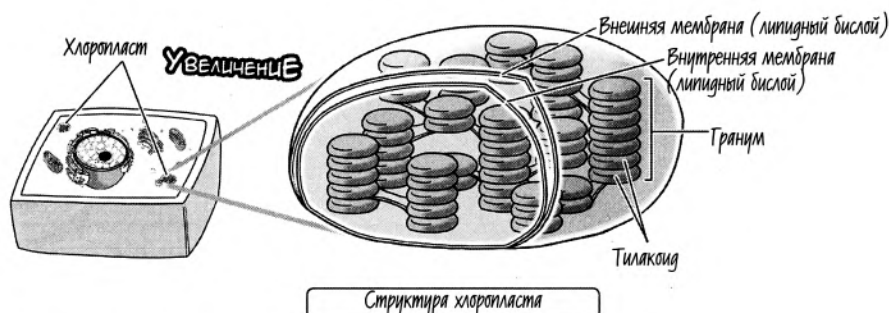
Как вы понимаете, вырубка лесов приводит к сокращению количества «поставщиков» кислорода. В результате нарушается хрупкий баланс веществ в биогеохимическом цикле, а это представляет потенциальную угрозу для «потребителей» кислорода – то есть всех нас!

А теперь давайте рассмотрим подробнее, как растения используют солнечный свет для производства углеводов.



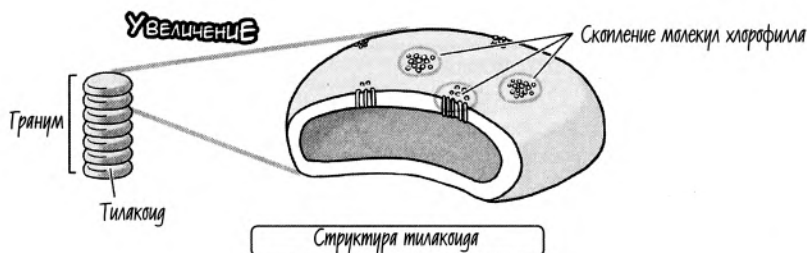
СТРУКТУРА ХЛОРОПЛАСТА

На этом изображении, полученном при помощи Робокота, видны зелёные «пузырики» в клетках растений – хлоропласты. Внутри хлоропласта находятся структуры, напоминающие по форме лепёшки, состыкованные в многослойные «колонны». Эти «лепёшки» называются *тилакоидами*, а «колонны» – *гранумами*.



Мембрана тилакоида представляет собой *бислой* (двойной слой), состоящий преимущественно из фосфолипидов, как и в клеточных мембранах.

Рассмотрим поверхность мембраны тилакоида.



Видите мелкие «зёрнышки» на поверхности тилакоида? Это скопления молекул хлорофилла, а также различных белков, участвующих в фотосинтезе.

Молекулы хлорофилла поглощают солнечный свет – но не весь его спектр. Зелёную область спектра они отражают, вследствие чего листья растений и кажутся нам зелёными.

ФОТОСИНТЕЗ: РЕАКЦИЯ ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ



ДВЕ САМЫЕ ВАЖНЫЕ РЕАКЦИИ В ПРОЦЕССЕ ФОТОСИНТЕЗА - ФОТОФОСФОРИЛИРОВАНИЕ И ФИКСАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА.

ШУРХ



ФОТОФОСФОРИЛИРОВАНИЕ - ЭТО ВЫРАБОТКА ЭНЕРГИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА. ФИКСАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА (УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА) ИСПОЛЬЗУЕТ ЭТУ ЭНЕРГИЮ ДЛЯ СИНТЕЗА УГЛЕВОДОВ.



Нужен солнечный свет!

Фотофосфорилирование



Фиксация диоксида углерода

H_2O O_2

CO_2 Углевод

СНАЧАЛА ПОГОВОРИМ О ФОТОФОСФОРИЛИРОВАНИИ.

ПОСМОТРИМ, В КАКИХ ЧАСТЯХ ХЛОРОПЛАСТА ПРОТЕКАЕТ ЭТОТ ПРОЦЕСС.



Ты-тум

Ты-тум



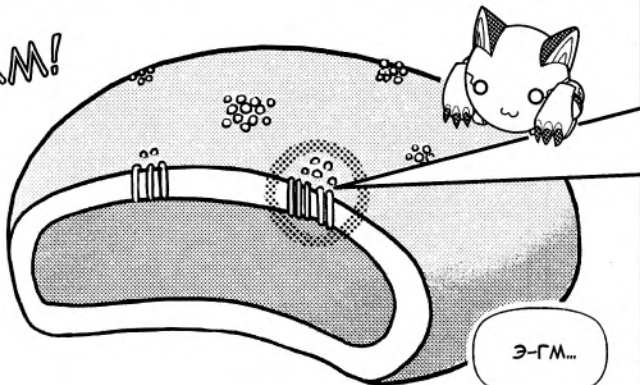
МЫ МОЖЕМ ЗАПУСТИТЬ РОБОКА В РАСТЕНИЕ И ВЗГЛЯНУТЬ НА НЕГО ИЗНУТРИ!

ИТАК, СЕЙЧАС МЫ МОЖЕМ РАССМОТРЕТЬ ТИЛАКОИД ВНУТРИ ХЛОРОПЛАСТА.

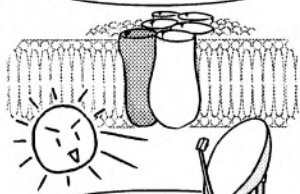
ВЫИЩЕ МАЛЕНЬКИЕ БУГОРКИ?

ЭТО СКОПЛЕНИЯ МОЛЕКУЛ ХЛОРОФИЛЛА И РАЗЛИЧНЫХ БЕЛКОВ.

БАМ!



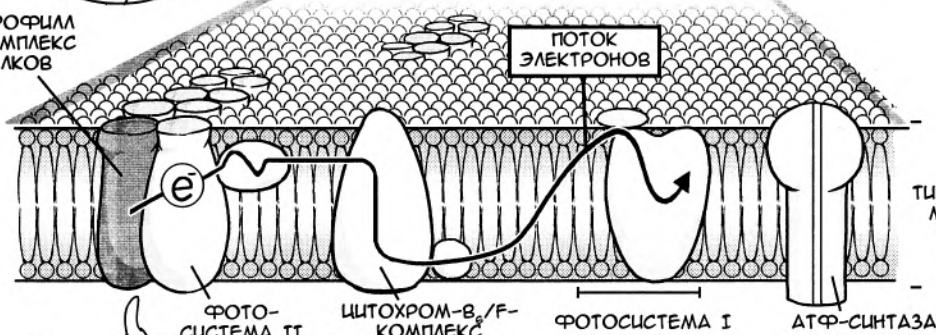
Э-ГМ...



В КАЖДОЙ ТАКОЙ ГРУППЕ СОДЕРЖАТСЯ ДЕСЯТКИ МОЛЕКУЛ ХЛОРОФИЛЛА. КАЖДАЯ МОЛЕКУЛА, ПОДОБНО СПУТНИКОВОЙ АНТЕННЕ, УЛАВЛИВАЕТ СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ.



ХЛОРОФИЛЛ
И КОМПЛЕКС
БЕЛКОВ



ЭТО ЧАСТЬ ЭЛЕКТРОН-
ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ.
КАЖДОЕ ТАКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
ПРЕДСТАВЛЯЕТ
СОБОЙ КОМПЛЕКС РАЗНО-
ОБРАЗНЫХ БЕЛКОВ,
СТЫКОВАННЫХ
ДРУГ С ДРУГОМ.

ОНИ
СУЩЕСТВЕННО
ВАЖНЫ
ДЛЯ ФОТО-
СИНТЕЗА.



КАК ВЫ, НАВЕРНОЕ, ЗНАЕТЕ, ВСЁ НА СВЕТЕ СОСТОИТ ИЗ АТОМОВ. У КАЖДОГО АТОМА ЕСТЬ ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ - ЯДРО - И ГРУППА ЭЛЕКТРОНОВ, КОТОРЫЕ ВРАЩАЮТСЯ ВОКРУГ ЯДРА.

Сейчас объясню подробнее!

ПРИ ОСВЕЩЕНИИ МОЛЕКУЛА ХЛОРОФИЛЛА ВОЗБУЖДАЕТСЯ СВЕТОВОЙ ЭНЕРГИЕЙ.



* НА САМОМ ДЕЛЕ ЭЛЕКТРОНЫ УХОДЯТ

ТОЛЬКО ИЗ МОЛЕКУЛ ХЛОРОФИЛЛА,

ИХОДЯЩИХ В РЕАКЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАСТЕНИЯ. ДРУГИЕ МОЛЕКУЛЫ ХЛОРОФИЛЛА ЯВЛЯЮТСЯ "КАТАЛИЗАТОРАМИ", ПОСТАВЛЯЯ РЕАКЦИОННОМУ ЦЕНТРУ ЭНЕРГИЮ, КОТОРАЯ И ОБЕСПЕЧИВАЕТ ОСВОБОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ.

ЗАТЕМ СВОБОДНЫЙ ЭЛЕКТРОН ПЕРЕХОДИТ В ДРУГОЙ КОМПЛЕКС БЕЛКОВ РЯДОМ С ХЛОРОФИЛЛОМ.

ЭТОТ КОМПЛЕКС БЕЛКОВ ТАКЖЕ НАХОДИТСЯ В МЕМБРАНЕ ТИЛАКОИДА.



ПОМНИТЕ, МЫ ВИДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЕ ПРИЧУДЛИВОЙ ФОРМЫ?

АГА! ТЕПЕРЬ ПОНЯТНО! ПОСКОЛЬКУ ЭЛЕКТРОНЫ ПЕРЕМЕШАЮТСЯ С МЕСТА НА МЕСТО, ЭТО НАЗЫВАЕТСЯ "ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНАЯ ЦЕПЬ"!

Дя!



ПОТЕРЯ ЭЛЕКТРОНА ВОСПОЛНЯЕТСЯ ЗА СЧЁТ РАСПАДА МОЛЕКУЛ ВОДЫ. В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭТОЙ РЕАКЦИИ ВЫДЕЛЯЕТСЯ КИСЛОРОД (O₂).



О-о!

ТАКИМ ОБРАЗОМ, В ОТСУТСТВИЕ ВОДЫ ФОТОСИНТЕЗ У РАСТЕНИЙ НЕВОЗМОЖЕН.



КОМПЛЕКСЫ БЕЛКОВ ОТВЕЧАЮТ НЕ ТОЛЬКО ЗА ПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОНОВ В ОПРЕДЕЛЁННОМ ПОРЯДКЕ. КРОМЕ ПРОЧЕГО, СИНТЕЗИРУЮТСЯ МОЛЕКУЛЫ НАДФН, А В КОНЦЕ ЦЕПИ ОБРАЗУЕТСЯ АТФ.

АТФ

ПРО АТФ ВЫ УЖЕ РАССКАЗЫВАЛИ... А ВОТ ПРО НАДФН Я ВПЕРВЫЕ СЛЫШУ!

АТФ

НАДФН

НАДФ СОСТОИТ ИЗ ЭЛЕКТРОНА И ПРОТОНА (ИОНА ВОДОРОДА), КОТОРЫЕ ПРИСОЕДИНЯЮТСЯ К МОЛЕКУЛЕ, НАЗЫВАЕМОЙ АКЦЕПТОРОМ ВОДОРОДА. ОНА ОБРАЗУЕТСЯ С УЧАСТИЕМ НАДФ-РЕДУКТАЗЫ.



Подержи-ка их!

НАДФН МОЖНО РАССМАТРИВАТЬ КАК ВРЕМЕННОЕ ХРАНИЛИЩЕ ЭЛЕКТРОНА И ПРОТОНА, КОТОРЫЕ БУДУТ УЧАСТВОВАТЬ В РЕАКЦИИ ФИКСАЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА.

ДРУГИМИ СЛОВАМИ, НАДФ: "ВОССТАНАВЛИВАЕТСЯ" ДО НАДФН (СМ. С. 37, "РЕАКЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ-ВОССТАНОВЛЕНИЯ")

ЭНЕРГИЯ, КОТОРАЯ ПРИ ЭТОМ ВЫРАБАТЫВАЕТСЯ, - ЭТО "ПОТОК ЭЛЕКТРОНОВ". ОНА ПОХОЖА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ, ОТ КОТОРОЙ РАБОТАЕТ БЫТОВАЯ ТЕХНИКА.

Пора завтракать!

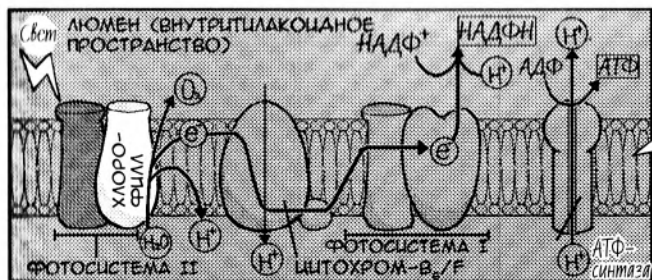


КРОМЕ ТОГО, ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНАЯ ЦЕПЬ СОЗДАЁТ "ПОТОК ЭЛЕКТРОНОВ". ИМЕННО ЭТОТ ПОТОК ОБЕСПЕЧИВАЕТ СИНТЕЗ ВЕЩЕСТВ НАПОДОБИЕ АТФ.

А ТЕПЕРЬ РАССМОТРИМ, КАК СОЗДАЁТСЯ АТФ В ПРОЦЕССЕ ФОТО-ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ!

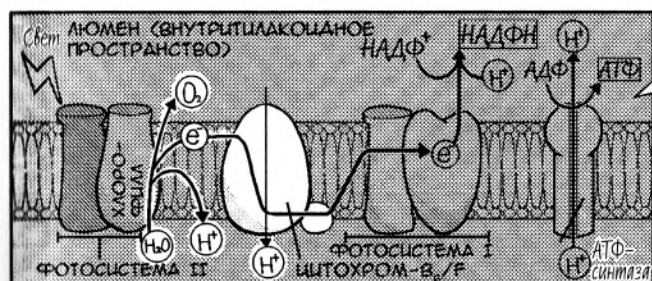
Фьють!





ШАГ 1 (ФОТОСИСТЕМА II)

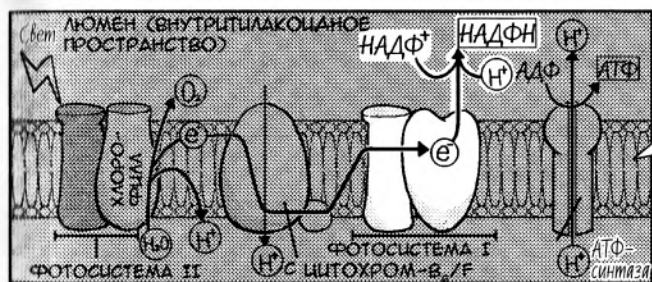
СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ ВОЗДЕЙСТВУЕТ НА МОЛЕКУЛЫ ХЛОРОФИЛЛА*.



ШАГ 2

ЭНЕРГИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ ВЫЗЫВАЕТ ВОЗБУЖДЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА, В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕГО МОЛЕКУЛЫ ТЕРЯЮТ ПО ОДНОМУ ЭЛЕКТРОНУ. В ТО ЖЕ ВРЕМЯ В ТИЛАКОНАНЬ ЛЮМЕН ПЕРЕНОСИТСЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ПРОТОН H^+ .

e^- - ЭТО ОБОЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНА.



ШАГ 3 (ФОТОСИСТЕМА I)

НАДФ⁺ ПРИНИМАЕТ ЭЛЕКТРОН (e^-) И ПРОТОН. В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАЗУЕТСЯ НАДФН.

ШАГ 4

КОГДА ПРОТОНЫ (H^+), КОТОРЫЕ СОБИРАЮТСЯ В ТИЛАКОНАНЬ ЛЮМЕНЕ, ХОТЯТ ПОКИНУТЬ ТИЛАКОИД, ТО В СООТВЕТСТВИИ С КОНЦЕНТРАЦИОННЫМ ГРАДИЕНТОМ** ОНИ ПРОХОДЯТ ЧЕРЕЗ АТФ-СИНТАЗУ.

** РАЗНИЦА В КОНЦЕНТРАЦИЯХ (ПРОТОНОВ), КОТОРАЯ ЗАСТАВЛЯЕТ СУБСТАНЦИЮ (ПРОТОН) ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ ИЗ ОБЛАСТИ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В ОБЛАСТЬ С НИЗКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ СУБСТАНЦИИ.

* В ФОТОСИСТЕМЕ I ТАКЖЕ ПРИСУТСТВУЕТ ХЛОРОФИЛЛ. ОНА ТОЖЕ ПОЛУЧАЕТ ЭНЕРГИЮ, И ЭЛЕКТРОНЫ, ПЕРЕНЕСЕННЫЕ ИЗ ФОТОСИСТЕМЫ II, СНОВА ВОЗБУЖДАЮТСЯ.

НУ ВОТ, ТЕПЕРЬ НАЧИНАЮ ПОНИМАТЬ! НАГЛЯДНАЯ СХЕМА ВСЁ ПРОЯСНЯЕТ!

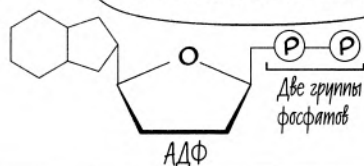
В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ ОБРАЗУЮТСЯ НАДФН И АТФ!



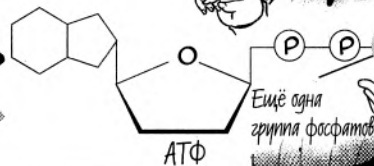
ЗДЕСЬ ВАЖНА РЕАКЦИЯ
ОБРАЗОВАНИЯ АТФ -
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ.

ФОСФОРИЛИ-
РОВАНИЕ? А ЧТО
ЭТО ЗА РЕАКЦИЯ?

ДАВАЙ СПЕРВА РАССМОТРИМ
СТРОЕНИЕ АДФ -
АДЕНОЗИНАДИФOSФАТА.



В АДФ ПРИСУТСТВУЮТ
ДВЕ ГРУППЫ ФОСФАТОВ.
ПРИ ДОБАВЛЕНИИ
НОВОЙ ГРУППЫ ФОСФАТОВ
АДФ ПРЕВРАЩАЕТСЯ
В АТФ
(АДЕНОЗИНТРИФОСФАТ).



РЕАКЦИЯ, В ХОДЕ КОТОРОЙ
К АДФ ПРИСОЕДИНЯЕТСЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ГРУППА
ФОСФАТОВ, И НАЗЫВАЕТСЯ
ФОТОФОСФОРИЛИРОВАНИЕМ!



АГА, ВОТ ПОЧЕМУ ОНА
НАЗЫВАЕТСЯ ФОТО-
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕМ...
ИЗ-ЗА ФОСФАТОВ!

АТФ ОЧЕНЬ ЧАСТО УЧАСТВУЕТ
В РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ
ПОМОЩЬ ФОТОСИНТЕЗА. ПРОШЕ ГОВОРЯ,
ЭТО ВАЖНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ!

ИТАК, ПОДЫТОЖИМ ВСЁ,
ЧТО МЫ ЗНАЕМ
О ФОСФОРИЛИРОВАНИИ!

ЭТО РЕАКЦИЯ,
КОТОРАЯ
ПРОИСХОДИТ НА

свету

И В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗ АДФ
ОБРАЗУЕТСЯ АТФ
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕМ (ПРИСОЕДИНЕНИЕМ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ГРУППЫ ФОСФАТОВ).

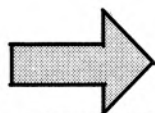
АТФ СИНТЕЗИРУЕТСЯ
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОТОКА
ЭЛЕКТРОНОВ, КОТОРЫЙ ВЫЗВАН
СОЛНЕЧНЫМИ ЛУЧАМИ...

ЯСНО!
ЗНАЧИТ,
ЭНЕРГИЯ СВЕТА
ПРЕОБРАЗУЕТСЯ
В ХИМИЧЕСКУЮ
ЭНЕРГИЮ!

ФОТОСИНТЕЗ: ФИКСАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА



Фотофосфорилирование



Фиксация углерода

В ОБЩЕМ, С ФОТО-
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕМ
МЫ РАЗОБРАЛИСЬ.

ГЛАВНОЕ -
ПОМНИТЕ:
ДЛЯ НЕГО
НУЖЕН СВЕТ!

НУ, ТЕПЕРЬ РАССМОТРИМ
ФИКСАЦИЮ УГЛЕРОДА.

ОТЛИЧНО!

ЭТО КОНЕЧНАЯ СТАДИЯ
ФОТОФОСФОРИЛИРОВАНИЯ.
ДЛЯ ТАКОЙ РЕАКЦИИ УЖЕ НЕ
НУЖЕН СОЛНЕЧНЫЙ СВЕТ,
ПОЭТОМУ ОНА НАЗЫВАЕТСЯ
ТЕМНОВОЙ*.

АТФ

НАДФН

ВЫХОДИТ, ЭТОТ
ПРОЦЕСС МОЖЕТ
ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ
И НОЧЬЮ,
И В ПАСМУРНЫЕ ДНИ?

НА САМОМ ДЕЛЕ НЕТ. ХОТЯ
НА ЭТОЙ СТАДИИ СОЛНЕЧНЫЙ
СВЕТ УЖЕ НЕ НУЖЕН,
ПРОИСХОДИТ ОНА ВСЁ РАВНО
ДНЁМ, ПОТОМУ ЧТО В НЕЙ
УЧАСТВУЕТ НАДФН, КОТОРЫЙ
ВЫРАБАТЫВАЕТСЯ
ТОЛЬКО НА СВЕТУ.

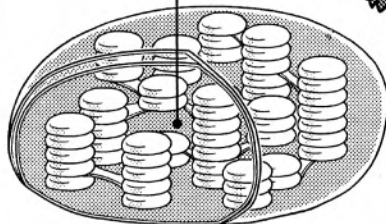
* ИНАЧЕ ЭТУ РЕАКЦИЮ НАЗЫВАЮТ ЦИКЛ КАЛЬВИНА, ИЛИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕНТОЗОФОСФАТНЫЙ ЦИКЛ.

ФИКСАЦИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА
ПРОИСХОДИТ НЕ В МЕМБРАНЕ
ТИЛАКОИДА, А В СТРОМЕ -
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ХЛОРОПЛАСТА.

ВИДИШЬ?
ВОТ ТУТ.

АГА.

Строма



ФИКСАЦИЯ УГЛЕРОДА - РЕАКЦИЯ, ДЛЯ КОТОРОЙ ТРЕБУЕТСЯ ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ, ЗАПАСЕННАЯ В АТФ, ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОВ, А ТАКЖЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА (УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ), КОТОРЫЙ ПРИСУТСТВУЕТ В ВОЗДУХЕ.



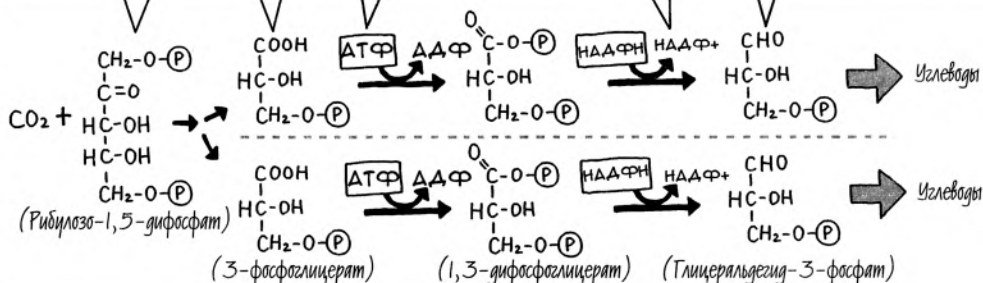
ДИОКСИД УГЛЕРОДА ОБРАЗУЕТСЯ В ПРОЦЕССЕ ДЫХАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ - ЛЮДЕЙ И ЖИВОТНЫХ. НО ПОМИМО НЕГО ТРЕБУЕТСЯ ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ, ВЫРАБАТЫВАЕМАЯ В ХОДЕ ФОСФОРИЛІРОВАНИЯ.



ПРЕЖДЕ ВСЕГО, CO_2 СВЯЗЫВАЕТСЯ С ВЕЩЕСТВОМ, КОТОРОЕ НАЗЫВАЕТСЯ РИБУЛОЗО-1,5-ДИФОСФАТ. В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАЗУЮТСЯ ДВЕ МОЛЕКУЛЫ 3-ФОСФОГЛИЦЕРАТА, В КАЖДОЙ ИЗ КОТОРЫХ ПО 3 АТОМА УГЛЕРОДА.

БЛАГОДАРА ХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ АТФ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ НАДФН ПРОИСХОДИТ РЕАКЦИЯ, В РЕЗУЛЬТАТЕ КОТОРОЙ ИЗ 3-ФОСФОГЛИЦЕРАТА ОБРАЗУЮТСЯ МОЛЕКУЛЫ ГЛИЦЕРАЛЬДЕГИДА-3-ФОСФАТА.

В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ, ГЛИЦЕРАЛЬДЕГИДА-3-ФОСФАТ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГЛЮКОЗЫ, ФРУКТОЗЫ И ДРУГИХ УГЛЕВОДОВ.



Связывание диоксида углерода

Использование химической энергии

ТО ЕСТЬ СНАЧАЛА СВЯЗЫВАЕТСЯ ДИОКСИД УГЛЕРОДА, А ЗАТЕМ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ?





ТАК!!! ТЕПЕРЬ ГЛЮКОЗА
КАКАЯ-ТО ПОЯВИЛАСЬ...
ЭТО ЕЩЕ ЧТО ТАКОЕ?

БЕЗ
ПАНИКИ,
КУМИ!

ГЛЮКОЗА* -
ОСНОВНОЙ УГЛЕВОД, ОЧЕНЬ
ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЙСЯ
В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ
И В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ,
БОГАТЫХ КРАХМАЛОМ.

Всё сложнее
и сложнее!

КРУТЬ



УХ ТЫ-Ы!
РИС, ЛАПША, КАРТОФЕЛЬ...
ВСЁ ЭТО НЕ МОГЛО БЫ
СУЩЕСТВОВАТЬ
БЕЗ ФОТОСИНТЕЗА!

* ТОЧНЕЕ ГОВОРЯ, ГЛЮКОЗО-1-ФОСФАТ - УГЛЕВОД, ОБРАЗУЕМЫЙ В ПРОЦЕССЕ ФОТОСИНТЕЗА.



ВЕРНО! В РАСТЕНИЯХ
ГЛЮКОЗА ЛИБО
ПОЛИМЕРИЗУЕТСЯ, ОБРАЗУЯ
ДЛИННЫЕ МАКРОМОЛЕКУЛЫ
(ТАК ПОЯВЛЯЕТСЯ КРАХМАЛ)
ИЛИ ПРЕВРАЩАЕТСЯ В УГЛЕВОДЫ
С БОЛЕЕ СЛАДКИМ ВКУСОМ -
САХАРОЗУ** И ФРУКТОЗУ.

ЭТИ ВЕЩЕСТВА
НАКАПЛИВАЮТСЯ В РАСТЕНИЯХ
И ОБУСЛАВЛИВАЮТ ИХ
ПРЯТЫНЬИ ВКУС
И ПИТАТЕЛЬНОСТЬ.
В РЕЗУЛЬТАТЕ МЫ МОЖЕМ
ИСПОЛЬЗОВАТЬ В ПИЩУ РИС,
ПШЕНО, КАРТОФЕЛЬ И ФРУКТЫ.



И ЕСЛИ ФОТОСИНТЕЗА
В РАСТЕНИЯХ НЕ БУДЕТ,
ТО И ВСЕ ЭТИ ПОЛЕЗНЫЕ
И ВКУСНЫЕ ПРОДУКТЫ
ИСЧЕЗНУТ...

ОХ!!!

...А ВМЕСТЕ С НИМИ
И ВЕЩЕСТВА, ЖИЗНЕННО
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ
НАШЕГО ПИТАНИЯ.

ТЕПЕРЬ ТЫ ПОНИМАЕШЬ,
НАСКОЛЬКО ВАЖЕН
ФОТОСИНТЕЗ?

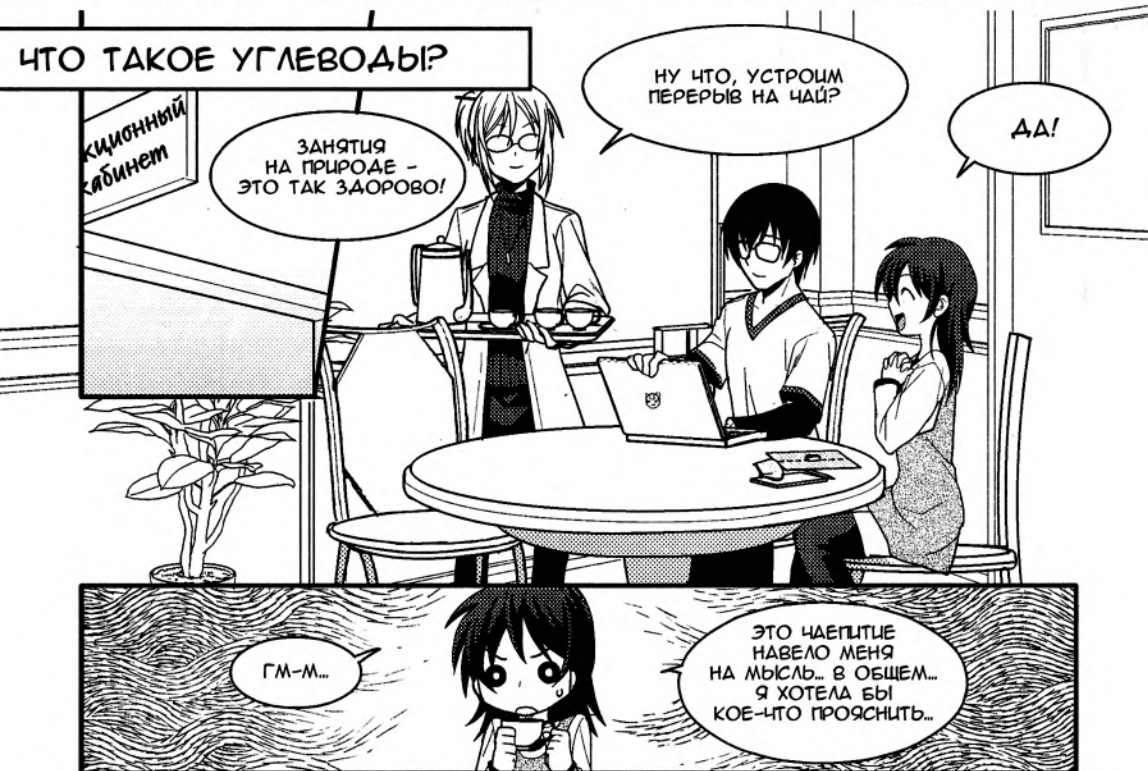


АА!
С ЭТОГО
МОМЕНТА Я БУДУ
ДОРОЖИТЬ
КАЖДЫМ
ЗЕРНЫШКОМ
РИСА, КОТОРОЕ
СЪЕДАЮ!

КСТАТИ,
ТАРЕЛОЧКА РИСА
МНЕ БЫ СЕЙЧАС
НЕ ПОМЕШАЛА...

** САХАРОЗА, СИНТЕЗИРУЕМАЯ В РАСТЕНИЯХ ИЗ ГЛЮКОЗЫ,
ПОВЫШАЕТ ИХ ВКУСОВУЮ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ.

3. ДЫХАНИЕ



ОЧЕНЬ ИНТЕРЕСНЫЙ
ВОПРОС, КУМЫ!

ПОСМОТРИМ
НА РИСУНОК.
ГОВОРЯ ОБ "УГЛЕВОДАХ",
МЫ, В СУЩНОСТИ,
ПОДРАЗУМЕВАЕМ
РАЗНОГО РОДА САХАРА.

Столловый сахар (сахароза)

Фруктоза

Лактоза

Крахмал

ТА-АК,
ПОНЯТНО...

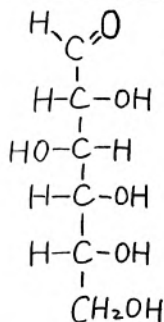
ЭТИ ВИДЫ УГЛЕВОДОВ
ДРУГ ОТ ДРУГА
ЗАМЕТНО ОТЛИЧАЮТСЯ.
РАССМОТРИМ ИХ
ПОДРОБНЕЕ.

ЗАЙМЁМСЯ
УГЛЕВОДАМИ
ВПЛОТНУЮ!

АГА!

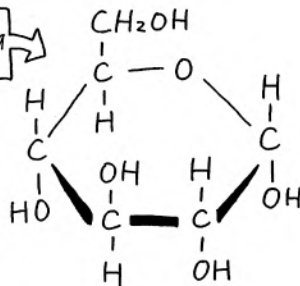
ОДИН ИЗ ВАЖНЫХ ВИДОВ
МОНОСАХАРИДОВ - ГЛЮКОЗА.
ОНА МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДСТАВЛЕНА
В ДВУХ ФОРМАХ: ОТКРЫТОЙ ЦЕПИ
И ЦИКЛИЧЕСКОЙ (КРУГОВОЙ)
ФОРМЕ.

НА ЭТОЙ СХЕМЕ ПРЕДСТАВЛЕНА ТАК НАЗЫВАЕМАЯ
 α -D-ГЛЮКОЗА. ЕСЛИ КРАЙНЯЯ СПРАВА
ГИДРОКСИЛЬНАЯ ГРУППА И ВОДОРОД
В ЦИКЛИЧЕСКОЙ ФОРМЕ МЕНЯЮТСЯ МЕСТАМИ
ОТНОСИТЕЛЬНО УГЛЕРОДА,
ОБРАЗУЕТСЯ β -D-ГЛЮКОЗА.



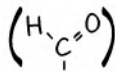
Открытая цепь

Циклическая форма



РАССМОТРИМ
ФОРМУ ОТКРЫТОЙ ЦЕПИ.
ШЕСТЬ АТОМОВ УГЛЕРОДА (C)
ВЫСТРОЕНЫ В ВЕРТИКАЛЬНУЮ
ЦЕПЬ, ПРИЧЁМ С НИЖНИМИ
ПЯТЬЮ АТОМАМИ СВЯЗАНЫ
ВОДОРОД (H)
И ГИДРОКСИЛЬНАЯ ГРУППА
(OH ИЛИ HO).

АТОМ УГЛЕРОДА В ВЕРХНЕЙ
ЧАСТИ ВХОДИТ
В АЛЬДЕГИДНУЮ
ГРУППУ:



ЭТО ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ
КОМПОНЕНТОВ МОНОСАХАРИДА*.

* СМ. БОЛЕЕ ПОДРОБНУЮ ИНФОРМАЦИЮ
О МОНОСАХАРИДАХ НА С. 84.

САХАР БЫСТРО РАСТВОРЯЕТСЯ, ПРАВАА? В СОСТАВЕ КРОВИ ОН ПЕРЕНОСИТСЯ ПО ОРГАНИЗМУ, ПОСКОЛЬКУ ГИДРОКСИЛЬНЫЕ ГРУППЫ ХОРОШО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ С ВОДОЙ.

ОН

ВЖИХ

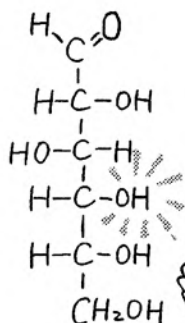


ГИДРОКСИЛЬНАЯ ГРУППА ОН - ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ САХАРА. КРОМЕ ТОГО, СУЩЕСТВЕННО, В КАКОЙ ИМЕННО ЧАСТИ МОНОСАХАРИДА ОНА РАЗМЕЩАЕТСЯ.



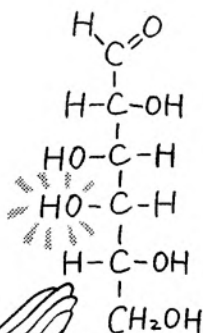
В САМОМ ДЕЛЕ? ПОЧЕМУ?

Глюкоза



ЕСЛИ ГРУППА ОН, СВЯЗАННАЯ С ЧЕТВЕРТЫМ АТОМОМ УГЛЕРОДА, НАХОДИТСЯ СПРАВА, ТО...

Галактоза



...ЭТО УЖЕ НЕ ГЛЮКОЗА, А ДРУГОЙ ТИП МОНОСАХАРИДА - ГАЛАКТОЗА.

ЗНАЧИТ, ОТ ТОГО, ГДЕ ОКАЖЕТСЯ ОН - СПРАВА ИЛИ СПРАВА - ЗАВИСИТ ТИП ВЕЩЕСТВА? СТРАННО...

В ПРИРОДЕ МОНОСАХАРИДЫ ЧАЩЕ ВСТРЕЧАЮТСЯ В ЦИКЛИЧЕСКОЙ ФОРМЕ, ЧЕМ В ФОРМЕ ОТКРЫТОЙ ЦЕПИ.

И ГЛЮКОЗА ЧАЩЕ ВСТРЕЧАЕТСЯ В ТАКОЙ ФОРМЕ:



А НЕ В ТАКОЙ:



Но почему?

Ах



УГЛЕВОДЫ И ВСЕВОЗМОЖНЫЕ «...ОЗЫ»

Возможно, вы заметили, что названия углеводов (сахаридов), которые мы обсуждали выше, в основном заканчиваются на «...оза» (например, «глюкоза», «галактоза»). Такое наименование сахаридов стало традиционным в науке. Приведём ряд примеров.

Глюкоза – моносахарид, который является основным для производства энергии; когда мы говорим о сахаре в составе крови, то имеем в виду именно глюкозу. Обычный же столовый сахар в науке называется **сахарозой**. В молоке содержится ещё один вид сахара – **лактоза**, а во фруктах – **фруктоза**. Важно помнить, что в природе существует несколько видов сахаров, и по своей структуре сахароза, лактоза, глюкоза, галактоза и фруктоза отличаются друг от друга. Крахмал, содержащийся в рисе, картофеле и некоторых других продуктах питания, состоит из амилозы и амилопектина.

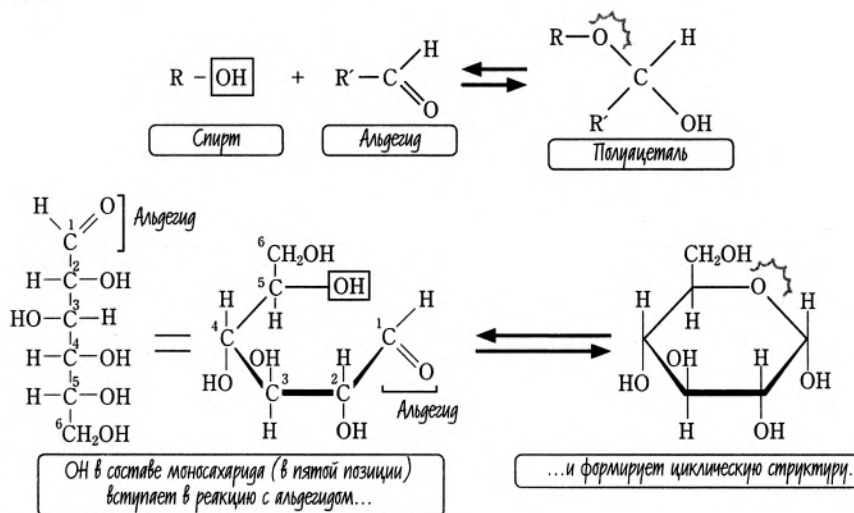
В главе 3 мы подробно рассмотрим структуру молекул этих видов углеводов.



ПОЧЕМУ У МОНОСАХАРИДОВ ЦИКЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА?

Почему у моносахаридов преобладает циклическая структура, а в форме открытой цепи они встречаются редко? Секрет заключается в связи между OH и углеродом в молекуле моносахарида.

В качестве примера можно привести спирт. Все виды спиртов представлены в форме R-OH (где R – группа атомов). Спирт может формировать связь с альдегидной или кетонной группой для образования вещества под названием **полуацеталь**. OH в составе моносахарида обладает тем же свойством, а потому вступает в реакцию с альдегидной или кетонной группой, входящей в молекулу. В результате образуется циклическая структура.



ПОЧЕМУ НАМ НУЖНО ДЫШАТЬ?

КАК ИЗВЕСТНО,
ДЫШИМ МЫ НЕПРЕРЫВНО.

...А ЗНАЕТЕ,
ПОЧЕМУ?

АА! ПОТОМУ ЧТО
НАМ НАДО ПОГЛОЩАТЬ КИСЛОРОД
ИЗ ВОЗДУХА И ВЫДЫХАТЬ УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ!

CO_2

O_2

Что?!

В ЦЕЛОМ ВЕРНО. ЕСЛИ ГОВОРИТЬ
ТОЧНЕЕ, НАШИМ КЛЕТКАМ НУЖЕН
КИСЛОРОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ЭНЕРГИИ, КОТОРАЯ НУЖНА
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНИ.

АТФ

СЕГОДНЯ НАДО БУДЕТ
ВЫРАБОТАТЬ ПОБОЛЬШЕ ЭНЕРГИИ!
А ДЛЯ ЭТОГО МНЕ ПОНАДОБЯТСЯ
ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА И КИСЛОРОДА!

КИСЛОРОДА НЕОБХОДИМ
ДЛЯ РАССЧЕПЛЕНИЯ
ГЛЮКОЗЫ И ВЫСВОБОЖДЕНИЯ
ЕЁ ЭНЕРГИИ.

ГМ-М-М...

ИНАЧЕ ГОВОРЯ, КИСЛОРОДА НУЖЕН НАМ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗ ТОГО,
ЧЕМ МЫ ПИТАЕМСЯ!

ГОЛОДЕН...

ПОЕБЕ-
ДАА...

ВЫРА-
БОТКА
ЭНЕРГИИ

ЗДОРОВ
И
СИЛЕН!

НУЖЕН
КИСЛОРОДА!

ПРОЦЕСС, КОГДА
МЫ ВЫДЫХАЕМ КИСЛОРОД
И ВЫДЫХАЕМ
УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ,
НАЗЫВАЕТСЯ ДЫХАНИЕМ.

ТОЧНО ТАК ЖЕ НАЗЫВАЕТСЯ РЕАКЦИЯ,
В ХОДЕ КОТОРОЙ КЛЕТКИ
ПОГЛОЩАЮТ КИСЛОРОД,
РАСЩЕПЛЯЮТ ГЛЮКОЗУ,
ВЫДЕЛЯЮТ ЭНЕРГИЮ
И ВЫВОДЯТ УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ.

ХОТИТЕ
ЕЩЁ ЭНЕРГИИ?

ХОЧУ ЕЩЁ КИСЛОРОДА!
ХОЧУ ЕЩЁ ГЛЮКОЗЫ!



СТОЙТЕ-КА!
И ТО И ДРУГОЕ
НАЗЫВАЕТСЯ ДЫХАНИЕМ?
ТАК Я РИСКУЮ
ЗАПУТАТЬСЯ...



ЧТОБЫ РАЗГРАНИЧИТЬ
ЭТИ ЯВЛЕНИЯ, НАЗОВЁМ
НАШЕ ДЫХАНИЕ ВНЕШНИМ,
А ДЫХАНИЕ В КЛЕТКАХ -
ВНУТРЕННИМ, ИЛИ КЛЕТОЧНЫМ.



АА, С ЭТОЙ МИНУТЫ, ГОВОРЯ
О "ДЫХАНИИ", МЫ БУДЕМ
ПОДРАЗУМЕВАТЬ ПОД НИМ
ВНУТРЕННЕЕ,
КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ.

ВНУТРЕННЕЕ!
ПОНИМАЕШЬ?



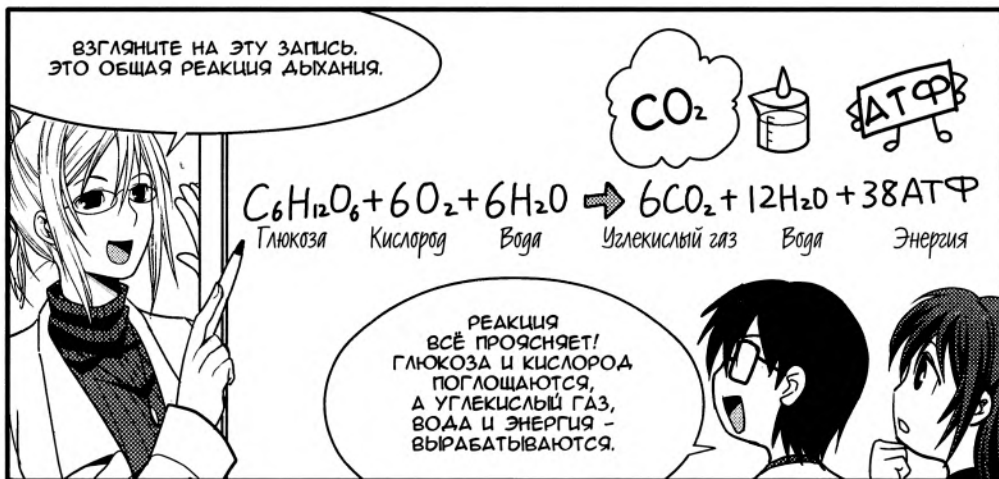
АГА. ЗНАЧИТ, МЫ ИЗУЧАЕМ
РЕАКЦИЮ ВНУТРИ КЛЕТОК,
А НЕ ТО, КАК МЫ ДЫШИМ.



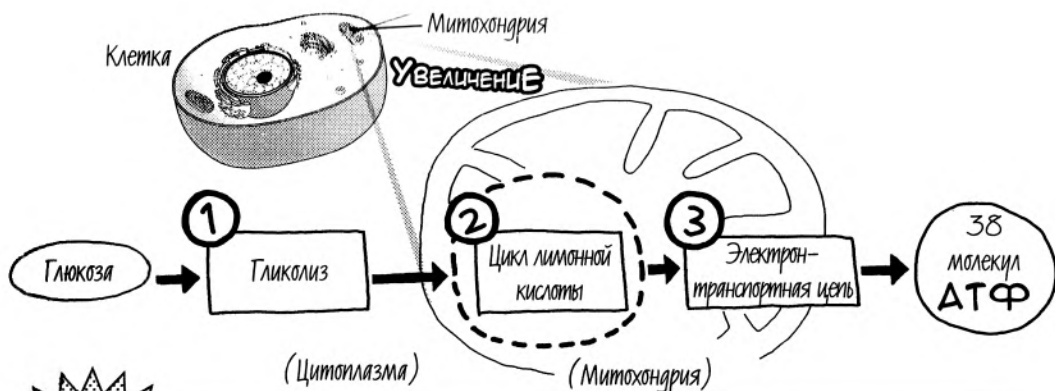
Вдох

Выдох

ДЫХАНИЕ – ЭТО ПРОЦЕСС РАСЩЕПЛЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ И ВЫСВОБОЖДЕНИЯ ЭНЕРГИИ



* ТАКЖЕ НАЗЫВАЕТСЯ ЦИКЛОМ КРЕБСА ИЛИ ЦИКЛОМ ТРИКАРЕБОНОВЫХ КИСЛОТ (ЦТК – УСТОЯВШЕЕСЯ СОКРАЩЕНИЕ).



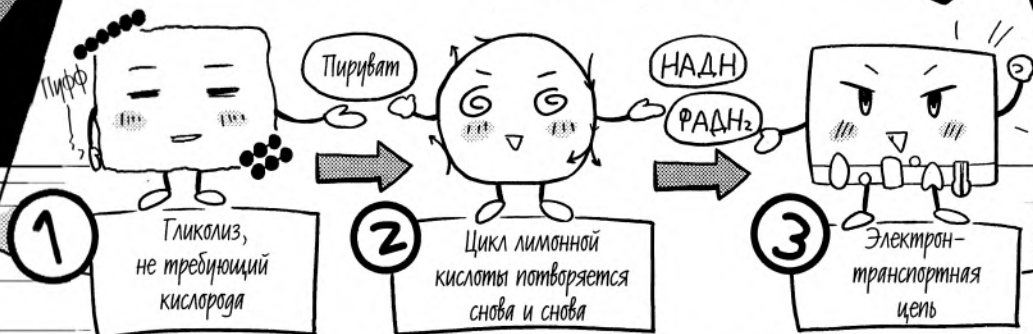
ВАЖНО

1. В ЦИТОПЛАЗМЕ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ГЛИКОЛИЗ.
2. В МИТОХОНДРИАЛЬНОМ МАТРИКСЕ ЛОКАЛИЗОВАН ЦИКЛ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ. 3. ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНАЯ ЦЕПЬ ЛОКАЛИЗОВАНА ВО ВНУТРЕННЕЙ МЕМБРАНЕ МИТОХОНДРИИ.
В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗ 1 МОЛЕКУЛЫ ГЛЮКОЗЫ СОЗДАЮТСЯ 38 МОЛЕКУЛ АТФ.

М-М-М...
ЧТО-ТО У МЕНЯ
В ГОЛОВЕ ВСЁ
ПЕРЕМЕШАЛОСЬ...

А ТЫ ПОСМОТРИ
НА СХЕМУ.

ТА-ДАМ!



АА, ТАК
ГОРАЗДО
ПОНЯТНЕЙ.

Хи-хи...

А ЧТО ЭТО ЗА НАДН И ФАДН₂?
ПЕРВЫЙ РАЗ ИХ ВИЖУ!
ЭТО КАК-ТО СВЯЗАНО
С НАДФН, КОТОРЫЙ
ПРОИЗВОДИТСЯ
В ПРОЦЕССЕ
ФОТОСИНТЕЗА?

Пирuvat

НАДН

ФАДН₂

ПОДОЖДИ,
НЕ БУДЕМ ЗАБЕГАТЬ ВПЕРЕД.
ЭТИ ВЕЩЕСТВА КРАЙНЕ ВАЖНЫ,
И ИХ РАССМОТРЕНИЮ МЫ УДЕЛИМ
ОСОБОЕ ВНИМАНИЕ. А ПОКА
РАССМОТРИМ КАЖДЫЙ ЭТАП
В ОТДЕЛЬНОСТИ.

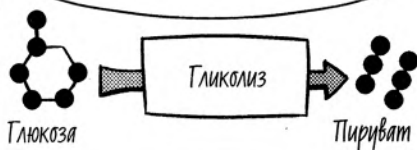
ЭТАП 1. РАСЩЕПЛЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ В ПРОЦЕССЕ ГЛИКОЛИЗА

ДЛЯ НАЧАЛА
ОБСУДИМ
ГЛИКОЛИЗ!

Гликолиз, мы тебя любим!

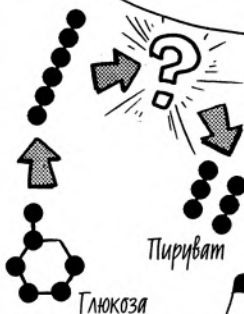


В ПРОЦЕССЕ РАСЩЕПЛЕНИЯ
ОДНОЙ МОЛЕКУЛЫ ГЛЮКОЗЫ
ОБРАЗУЮТСЯ ДВЕ МОЛЕКУЛЫ
ПИРУВАТА (ПИРОВИНОГРАДНОЙ
КИСЛОТЫ) ИЛИ ЛАКТАТА*.

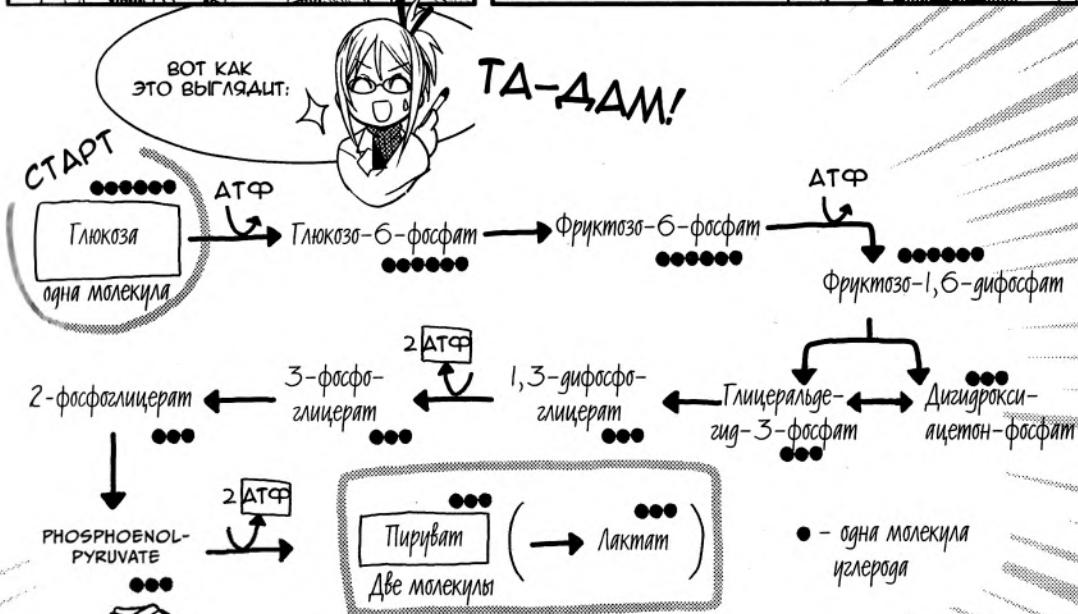


МОЛЕКУЛА ГЛЮКОЗЫ
ОБРАЗОВАНА ШЕСТЬЮ
АТОМАМИ УГЛЕРОДА,
А МОЛЕКУЛА ПИРУВАТА -
ТРЕМЯ.

АГА, ПОНИМАЮ.
ЧТОБЫ ИЗ ГЛЮКОЗЫ
ПОЛУЧИЛСЯ ПИРУВАТ,
ОДНА МОЛЕКУЛА
ДЕЛИТСЯ НАДВОЕ.
ПРОСТО И ЯСНО!



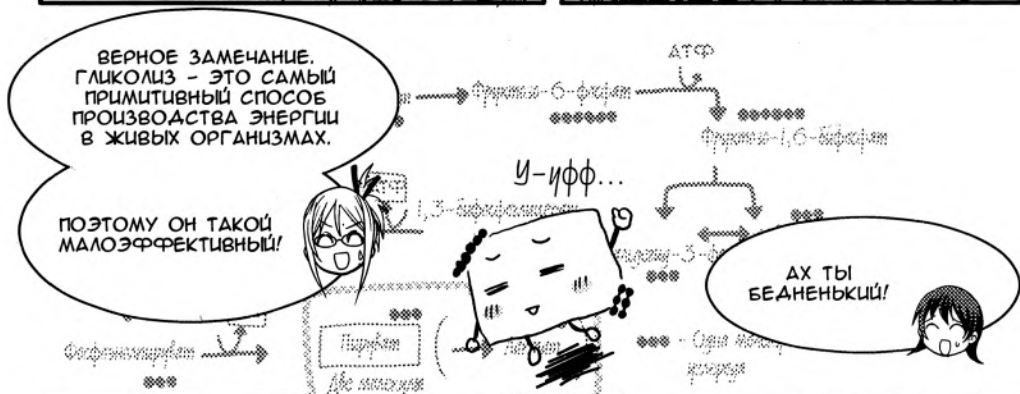
* ЛАКТАТ (МОЛОЧНАЯ КИСЛОТА) ОБРАЗУЕТСЯ ИЗ ПИРУВАТА ПРИ ОТСУТСТВИИ КИСЛОРОДА.



АА, ПУТЬ ДОСТАТОЧНО ДЛИННЫЙ! ПОСКОЛЬКУ В РЕЗУЛЬТАТЕ СИНТЕЗИРУЮТСЯ ЧЕТЫРЕ МОЛЕКУЛЫ АТФ, А ПОТРЕБЛЯЮТСЯ ТОЛЬКО ДВЕ...

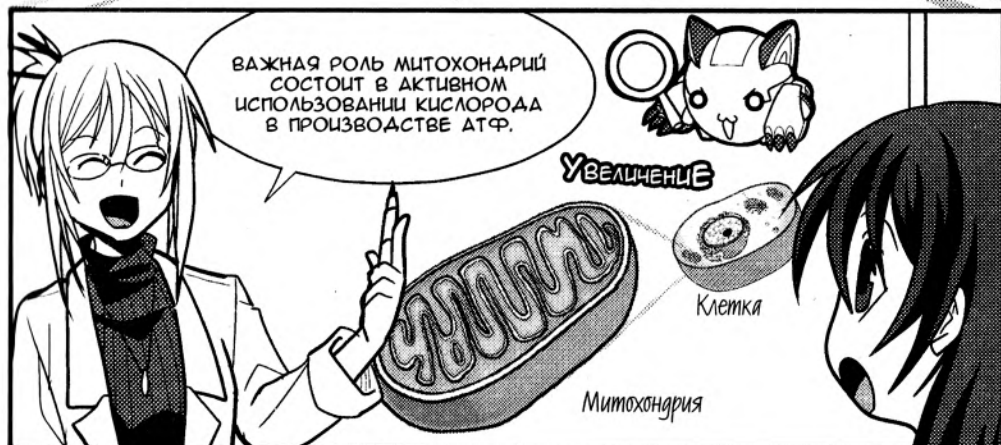
...ТО В ОБЩЕМ БАЛАНСЕ ДВЕ МОЛЕКУЛЫ ОБРАЗУЮТСЯ В ХОДЕ РЕАКЦИИ.



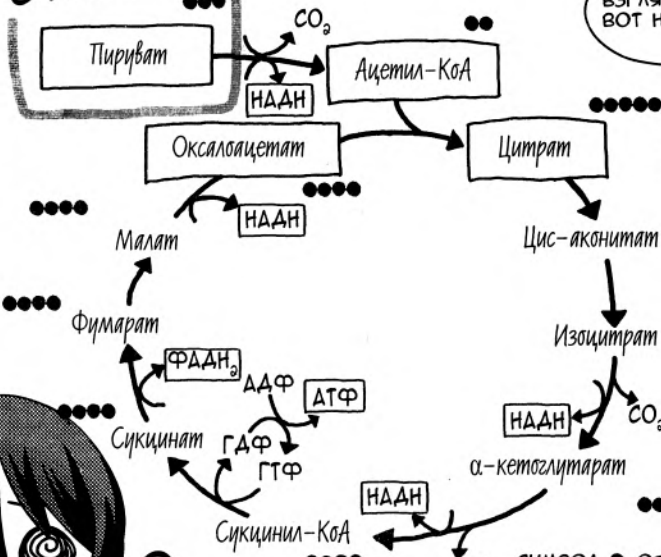


* АНАЭРОБНЫМИ НАЗЫВАЮТСЯ ОРГАНИЗМЫ, ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОТОРЫХ НЕ ЗАВИСИТ ОТ НАЛИЧИЯ КИСЛОРОДА.

ЭТАП 2. ЦИКЛ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ



СТАРТ



ВЗГЛЯНЕМ-КА ВОТ НА ЭТО:

НЕВОЗМОЖНО!
АЖ ГОЛОВА
РАЗЛАМЫВАЕТСЯ!

Кхми, что и тебя
с глазами?!

СИМВОЛ ● ОБОЗНАЧАЕТ КОЛИЧЕСТВО
АТОМОВ УГЛЕРОДА. В СОЕДИНЕНИЯХ КОА
УГЛЕРОДА НЕ ПОКАЗАН. ОПИСАНИЕ КОА

СМ. НА
СТР. 68

И ВСЁ ЭТО
МНЕ НУЖНО
ЗАПОМНИТЬ???

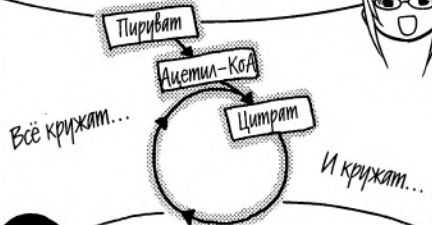
НУ, НЕ ВСЁ. ДОСТАТОЧНО
ПОМНИТЬ ОСНОВНЫЕ ШАГИ*.

- 1 ПИРУВАТ ПРЕВРАЩАЕТСЯ В АЦЕТИЛ-КОА;
- 2 ОКСАЛОАЦЕТАТ И АЦЕТИЛ-КОА КОНДЕНСИРУЮТСЯ, ОБРАЗУЯ 6-УГЛЕРОДНЫЙ ЦИТРАТ.
- 3 ВЫСВОБОЖДАЮТСЯ ДВЕ МОЛЕКУЛЫ CO_2 , И
- 4 ОБРАЗУЕТСЯ ОДНА МОЛЕКУЛА АТФ,
- 5 ЧЕТЫРЕ МОЛЕКУЛЫ НАДН И
- 6 ОДНА МОЛЕКУЛА ФАДН₂.

НЕ БЕДА, ЕСЛИ ТЫ НЕ МОЖЕШЬ ЗАПОМНИТЬ СЛОЖНЫЕ НАЗВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

Уф-ф!

КАК МЫ ВИДИМ, ПОСЛЕ ТОГО КАК ПИРУВАТ ПРЕВРАЩАЕТСЯ В АЦЕТИЛ-КОА, А ЗАТЕМ В ПРОСТО ЦИТРАТ, ЦИТРАТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В РЯД ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ВНУТРИ МИТОХОНДРИИ. И НАКОНЕЦ ОН СНОВА ВОССТАНАВЛИВАЕТСЯ.



ПОСКОЛЬКУ ЭТА РЕАКЦИЯ ИДЁТ ПО КРУГУ, ЕЁ НАЗЫВАЮТ ЦИКЛИЧЕСКОЙ. ТЕПЕРЬ ПОНЯТНО?

* ИЗ КАЖДОЙ МОЛЕКУЛЫ ГЛЮКОЗЫ ОБРАЗУЮТСЯ ДВЕ МОЛЕКУЛЫ ПИРУВАТА, ТАК ЧТО В ХОДЕ ЦИКЛА ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ ОБРАЗУЮТСЯ ДВЕ МОЛЕКУЛЫ АТФ, ВОСЕМЬ МОЛЕКУЛ НАДН И ДВЕ МОЛЕКУЛЫ ФАДН₂.

В ЭТОМ ЦИКЛЕ
ОБРАЗУЮТСЯ
ВСЕГО ЛИШЬ
ДВЕ МОЛЕКУЛЫ АТФ...

...НО ВМЕСТЕ
С НИМИ -
ЕЩЁ И ДРУГИЕ
ВАЖНЫЕ
ВЕЩЕСТВА.

ЭТО КОФЕРМЕНТЫ
(КОЭНЗИМЫ)
НАДН И ФАДН₂!

БОМ

НАДН

ФАДН₂

Кстати...

ЕСЛИ В ФОТОСИНТЕЗЕ,
КАК МЫ ПОМНИМ,
ФИГУРИРОВАЛ НАДФН...

...ТО В ПРОЦЕССЕ
АБИХАНИЯ
ВСТРЕЧАЕТСЯ НАДН.

Ясно...

НАДФН

НАДН

ЭТИ КОФЕРМЕНТЫ
ОБРАЗУЮТ АТФ
В ОГРОМНОМ КОЛИЧЕСТВЕ
В ПОСЛЕДУЮЩЕЙ
ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНОЙ
ЦЕПИ.

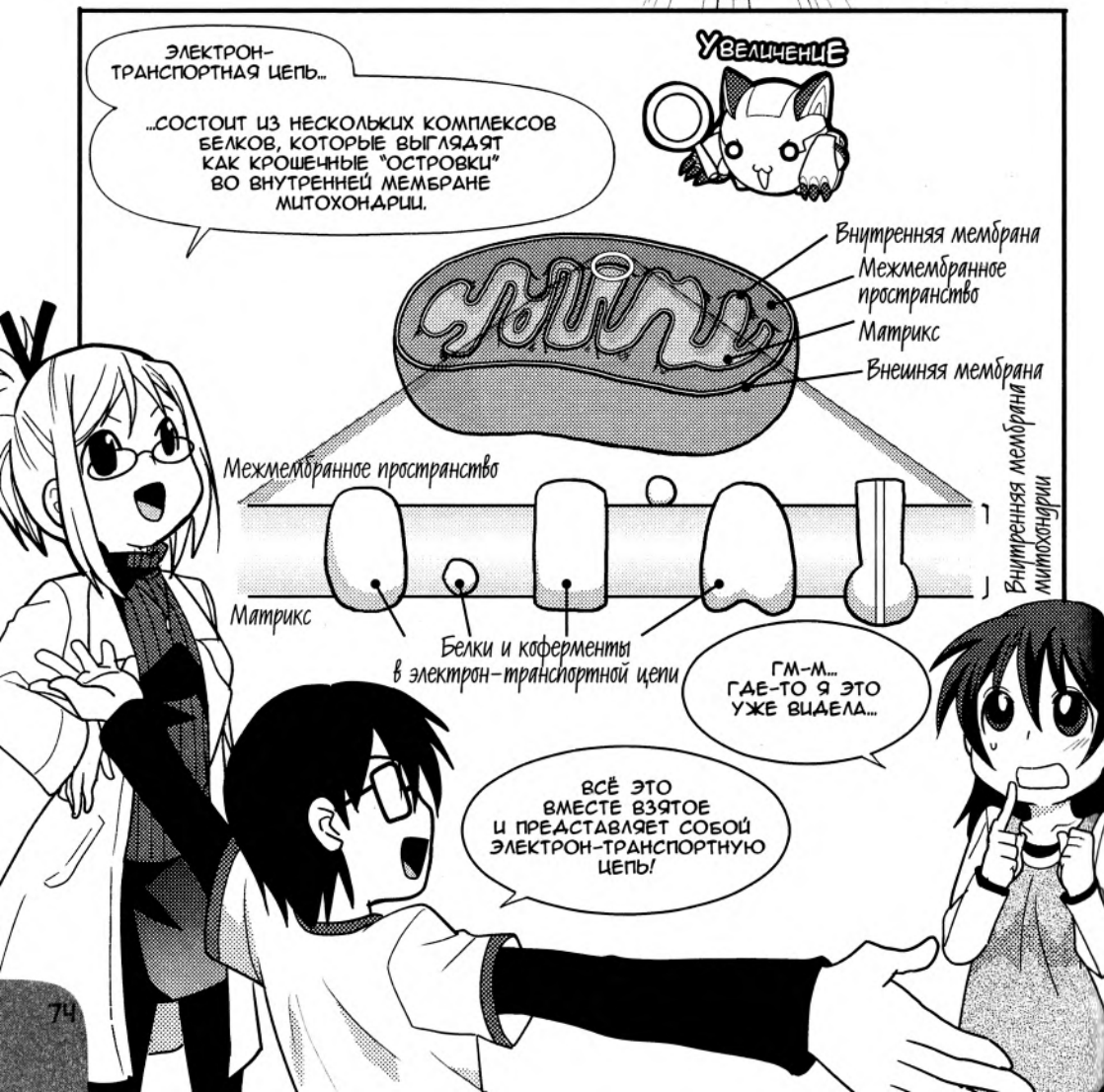
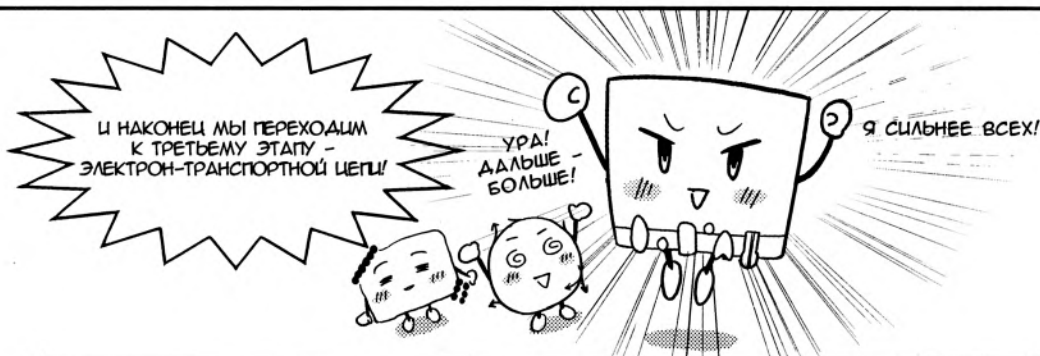


ТО ЕСТЬ... КОФЕРМЕНТЫ
НАДН И ФАДН₂
УЧАСТВУЮТ
В СЛЕДУЮЩЕМ ЭТАПЕ...

А КАК ИМ УДАЁТСЯ
ПРОИЗВОДИТЬ
ТАК МНОГО АТФ?

СЕЙЧАС ОБЪЯСНЮ!

ЭТАП 3. ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ



ВСПОМНИЛА!
НУ КОНЕЧНО ЖЕ,
ФОТОСИНТЕЗ!
ТАМ ВЕДЬ ТОЖЕ
ПРИСУТСТВОВАЛА
ЭЛЕКТРОН-ТРАНС-
ПОРТНАЯ ЦЕПЬ!

АА, НО КОМПЛЕКСЫ
БЕЛКОВ НЕ ТЕ ЖЕ САМЫЕ,
ЧТО В ПРОЦЕССЕ
ФОТОСИНТЕЗА.

ПОТОК ЭЛЕКТРОНОВ
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ТАКОЙ ЖЕ.
НО ВОТ ЭТИ ПРИЧУДЛИВЫЕ
ОБРАЗОВАНИЯ ВЫГЛЯДЯТ
ИНАЧЕ И ИГРАЮТ
ДРУГУЮ РОЛЬ.

ЭЛЕКТРОН-ТРАНС-
ПОРТНАЯ ЦЕПЬ
В ФОТОСИНТЕЗЕ

ОЙ, КАКИЕ
ИНТЕРЕСНЫЕ
ФИГУРКИ!

А ТЕПЕРЬ ВЕРНЁМСЯ
К НАДН И ФАДН₂.

ИЗ ОДНОЙ МОЛЕКУЛЫ
ПЬРУВАТА ОБРАЗУЮТСЯ
ЧЕТЫРЕ МОЛЕКУЛЫ НАДН
И ОДНА МОЛЕКУЛА
ФАДН₂.

Глюкоза

Пируват

Пируват

Цикл лим.
кисл.

Цикл лим.
кисл.

4 НАДН
ФАДН₂

4 НАДН
ФАДН₂

В ЦИКЛЕ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ
ИЗ ОДНОЙ МОЛЕКУЛЫ ГЛЮКОЗЫ
ОБРАЗУЮТСЯ ВОСЕМЬ МОЛЕКУЛ НАДН
И ДВЕ МОЛЕКУЛЫ ФАДН₂.

НАДН И ФАДН₂ СИНТЕЗИРУЮТСЯ
В ЦИКЛЕ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ,
КОГДА АТОМЫ ВОДОРОДА
ПРИСОЕДИНЯЮТСЯ К НАД⁺ И ФАД.
ПОСКОЛЬКУ АТОМ ВОДОРОДА
СОСТОИТ ИЗ ОДНОГО ПРОТОНА
И ОДНОГО ЭЛЕКТРОНА...

...ПРОТОН И ЭЛЕКТРОН
ПОМЕЩАЮТСЯ
ВО "ВРЕМЕННОЕ ХРАНИЛИЩЕ",
ПРИСОЕДИНЯЯСЬ К НАД⁺ И ФАД.

АТОМ ВОДОРОДА =
ПРОТОН + ЭЛЕКТРОН



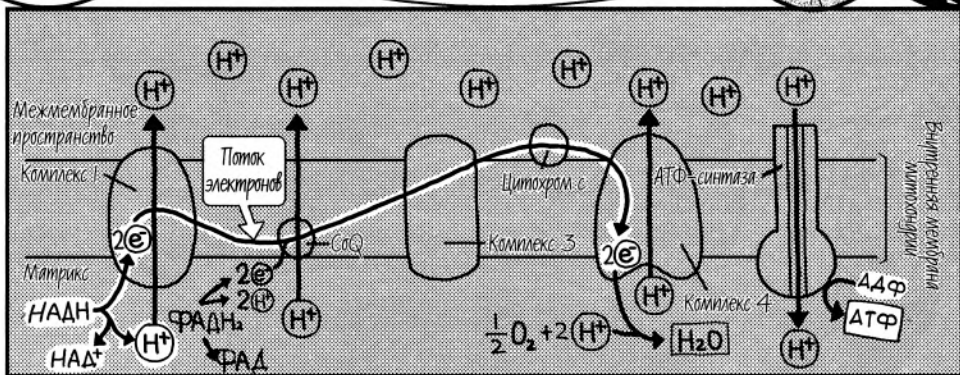
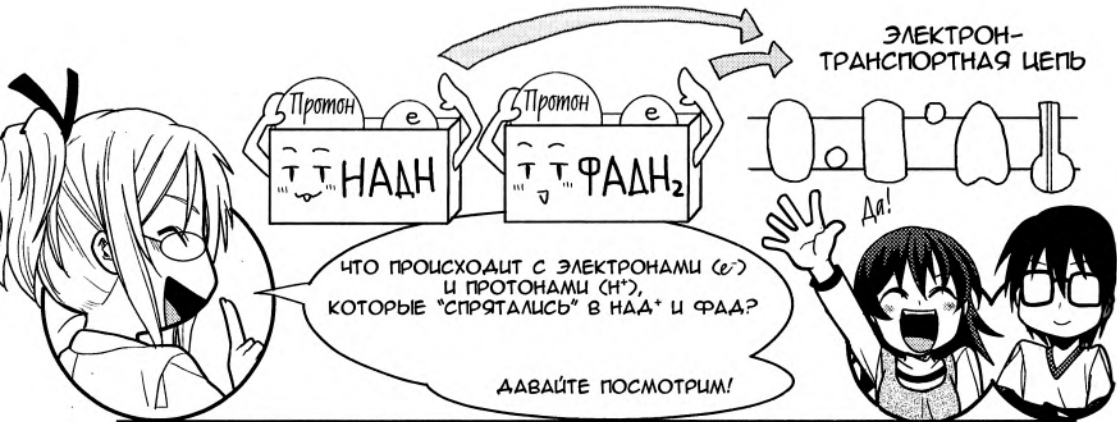
ТЕПЕРЬ МЫ
ПОД ОХРАНОЙ!



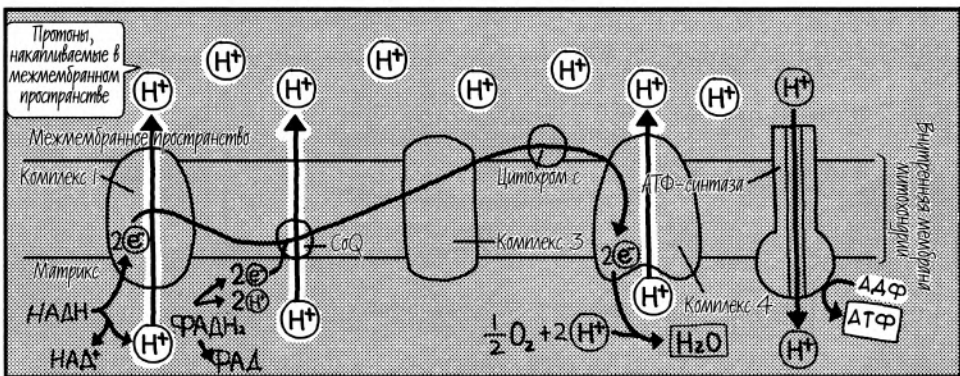
В ФОТОСИНТЕЗЕ
ПРОТОН И ЭЛЕКТРОН
СОХРАНЯЮТСЯ В НАДФ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕГО
ОБРАЗУЕТСЯ НАДФН.

ПРОТОНЫ
И ЭЛЕКТРОНЫ,
ПОМЕЩЕННЫЕ
В НАД⁺ И ФАД,
ВПОСЛЕДСТВИИ
ПРОЯВЛЯЮТ СЕБЯ
В ЭЛЕКТРОН-
ТРАНСПОРТНОЙ
ЦЕПИ.

* ИНЫМИ СЛОВАМИ, ПРОИСХОДИТ ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАД⁺ ИЛИ ФАД, В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕГО ОБРАЗУЮТСЯ НАДН И ФАДН₂. (О РЕАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОДРОБНО РАССКАЗЫВАЕТСЯ НА СТР. 37).



ЭЛЕКТРОН НЕПОСРЕДСТВЕННО ВХОДИТ В ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНУЮ ЦЕПЬ И, КАК МОЖНО ДОГАДАТЬСЯ ПО ЕЁ НАЗВАНИЮ, ПЕРЕМЕЩАЕТСЯ (ТРАНСПОРТИРУЕТСЯ) ИЗ ОДНОГО КОМПЛЕКСА БЕЛКОВ В ДРУГОЕ.



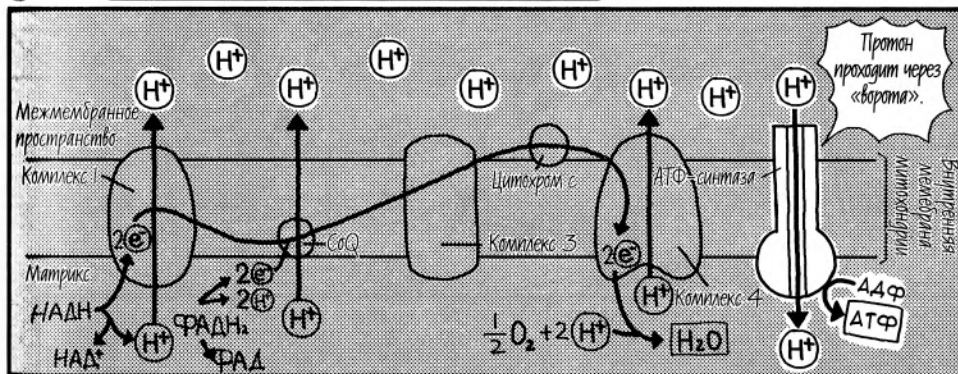
ВО ВРЕМЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЭЛЕКТРОНА (e^-) САМИ БЕЛКИ ПРЕТЕРПЕВАЮТ РАЗЛИЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ. В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОТОНЫ (H^+) ПЕРЕМЕЩАЮТСЯ ИЗ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО МАТРИКСА В МЕЖМЕМБРАННОЕ ПРОСТРАНСТВО (МЕЖДУ ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ МЕМБРАНОЙ). ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПРОТОНОВ В МЕЖМЕМБРАННОЕ ПРОСТРАНСТВО ПРОИСХОДИТ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТРЁХ "НАСОСОВ".

ИНТЕРЕСНО...



ПРИ ЭТОМ ОБРАЗУЕТСЯ ТАК НАЗЫВАЕМЫЙ КОНЦЕНТРАЦИОННЫЙ ГРАДИЕНТ. СУТЬ ЭТОГО ЯВЛЕНИЯ В ТОМ, ЧТО, КОГДА КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРОТОНОВ В МЕЖМЕМБРАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ СТАНОВИТСЯ ВЫШЕ, ЧЕМ В МАТРИКСЕ, ПРОТОНЫ УСТРЕМЛЯЮТСЯ В МАТРИКС.

КОНЦЕНТРАЦИОННЫЙ ГРАДИЕНТ - ЭТО РАЗНИЦА В КОНЦЕНТРАЦИЯХ, КОТОРАЯ СОЗДАЁТ ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТТОК ЧАСТИЦ В МЕСТО, ГДЕ ИХ КОНЦЕНТРАЦИЯ МЕНЕЕ ВЫСОКА.



В ПРАВИЛЬНО ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ ЕСТЬ "КАНАЛ", ПО КОТОРОМУ ПРОТОНЫ МОГУТ ПЕРЕМещАТЬСЯ В МАТРИКС.

ПРОТОНЫ, ВПЕРЁД!!!

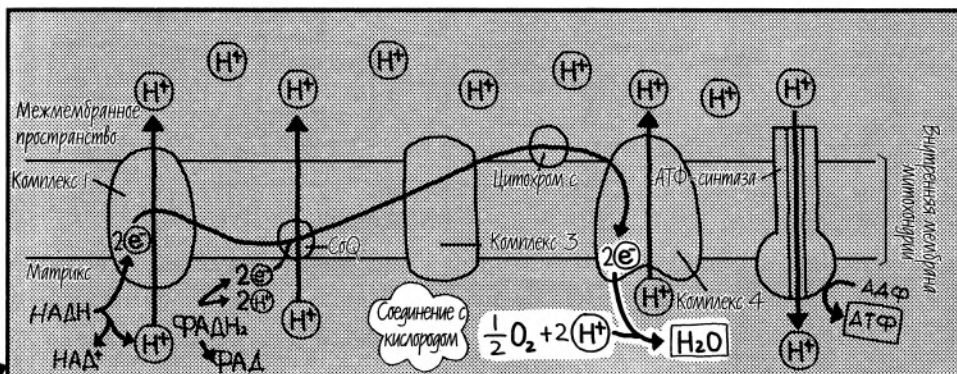
ЭТОТ КАНАЛ НАЗЫВАЕТСЯ АТФ-СИНТАЗА. В МОМЕНТ, КОГДА ПРОТОН ПРОХОДИТ ЧЕРЕЗ ЭТИ "ВОРОТА", ОБРАЗУЕТСЯ ОДНА МОЛЕКУЛА АТФ.



ТАКИМ ОБРАЗОМ, ИЗ 10 МОЛЕКУЛ НАДН (8ВЕ ИЗ КОТОРЫХ ОБРАЗУЮТСЯ В ПРОЦЕССЕ ГЛИКОЛИЗА) ПОЛУЧАЕТСЯ 30 МОЛЕКУЛ АТФ. КРОМЕ ТОГО, ИЗ 2 МОЛЕКУЛ ФААН, ОБРАЗУЮТСЯ ЕЩЁ 4 МОЛЕКУЛЫ АТФ.



ЭТИ РАСЧЁТЫ ОСНОВАНЫ НА ТОМ, ЧТО ЭЛЕКТРОНЫ, ПОСТУПАЮЩИЕ ИЗ НАДН, ЗАСТАВЛЯЮТ "ПРОТОННЫЕ НАСОСЫ" РАБОТАТЬ ВО ВСЕХ ТРЁХ МЕСТАХ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ, А ЭЛЕКТРОНЫ ИЗ ФААН, ЗАДЕЙСТВУЮТ ИХ ТОЛЬКО В ДВУХ МЕСТАХ.



И НАКОНЕЦ-ТО ЭЛЕКТРОН И ПРОТОН СОЕДИНЯЮТСЯ С КИСЛОРОДОМ! В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАЗУЕТСЯ МОЛЕКУЛА ВОДЫ!

МЫ ПОНЯЛИ!





ЗАПОМНИТЕ: ЕСЛИ ПРЕДСТАВИТЬ ПРОЦЕСС ДЫХАНИЯ В ВИДЕ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ, МЫ ПОЛУЧИМ СЛЕДУЮЩЕЕ.

ПОСЛЕ ТОГО КАК МЫ ВСЁ ПОДРОБНО РАССМОТРЕЛИ, Я СТАЛА ГОРАЗДО ЛУЧШЕ РАЗБИРАТЬСЯ В ТЕМЕ!

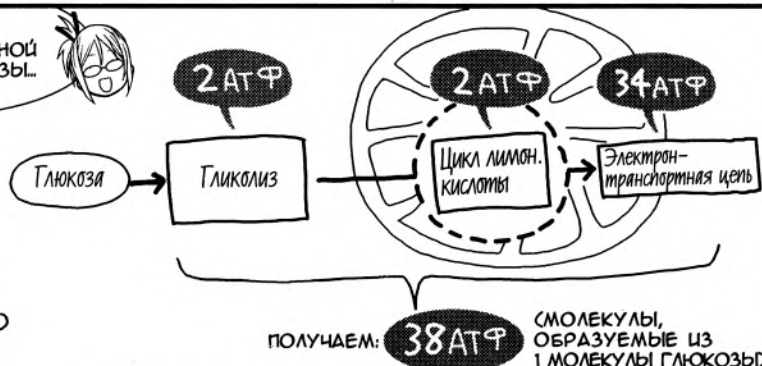


А ЕСЛИ ЗАМЕНИТЬ СЛОВА "38 МОЛЕКУЛ АТФ" ВЫРАЖЕНИЕМ "ЭНЕРГИЯ СВЕТА" И ИЗМЕНИТЬ НАПРАВЛЕНИЕ СТРЕЛКИ - ЧТО У НАС ПОЛУЧИТСЯ?

ВОТ ЭТО ДА! ФОТОСИНТЕЗ! ПОТРЯСАЮЩЕ!



ИТАК, НАЧИНАЯ ВСЕГО ЛИШЬ С ОДНОЙ МОЛЕКУЛЫ ГЛЮКОЗЫ...



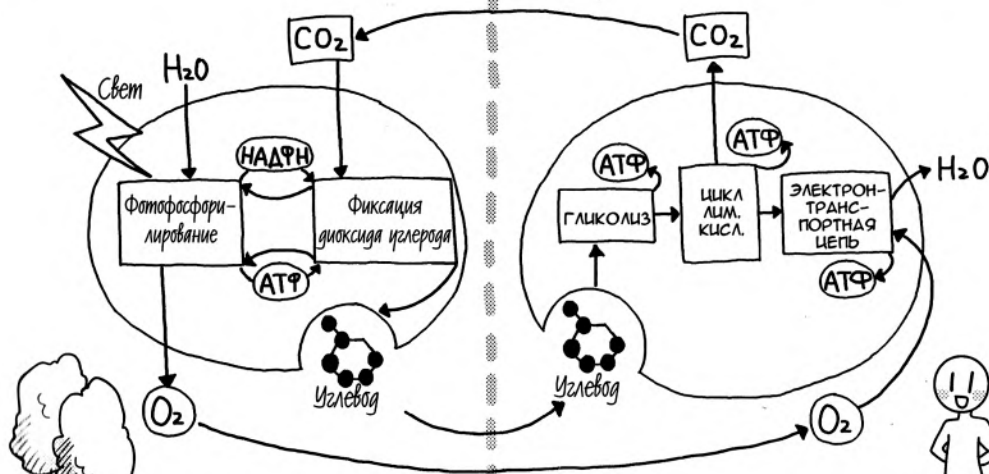
ГЛИКОЛИЗ, ЦИКЛ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ И ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНАЯ ЦЕПЬ В КОНЕЧНОМ СЧЁТЕ ПРИВОДЯТ К ОБРАЗОВАНИЮ 38 МОЛЕКУЛ АТФ. ТАК ПОЯВЛЯЕТСЯ ЭНЕРГИЯ, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛЕТОК НАШЕГО ОРГАНИЗМА.

* СОЕДИНЕНИЕ НААН, ОБРАЗУЕМОЕ В ПРОЦЕССЕ ГЛИКОЛИЗА, НЕ МОЖЕТ САМО ПО СЕБЕ ПОСТУПАТЬ В МИТОХОНДРИЙ ОНО ПЕРЕДАЁТ СВОИ ЭЛЕКТРОНЫ (e^-) СВОЕОБРАЗНОМУ "ПОСРЕДНИКУ", В РОЛИ КОТОРОГО ВЫСТУПАЕТ ГЛИЦЕРОЛ-3-ФОСФАТ. ПОСЛЕДНИЙ ПЕРЕДАЁТ ЭЛЕКТРОНЫ ФАА* В МЕМБРАНЕ МИТОХОНДРИЯ. В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАЗУЕТСЯ ФААН², ОТКУДА ЭЛЕКТРОНЫ ПЕРЕХОДЯТ В ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНУЮ ЦЕПЬ. ОДИН ЭТАП ЦЕПИ ПРОПУЩЕН, НА ОДНУ АТФ МЕНЬШЕ ФОРМИРУЕТСЯ (В ПЕРЕСЧЁТЕ НА МОЛЕКУЛУ ГЛЮКОЗЫ - ДВЕ). СЛЕДОВАТЕЛЬНО ЦЕПЬ СИНТЕЗИРУЕТ 36 АТФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИТАК, ПОДЫТОЖИМ ВСЁ,
ЧТО НАМ ИЗВЕСТНО
О ФОТОСИНТЕЗЕ И ДЫХАНИИ.

чирк...
чирк... //



ФОТОСИНТЕЗ

УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
УГЛЕВОДОВ И КИСЛОРОДА.

ДЫХАНИЕ

В ПРОЦЕССЕ ДЫХАНИЯ
ЗАДЕЙСТВОВАНЫ УГЛЕВОДЫ И КИСЛО-
РОД. ПРИ ЭТОМ ДИОКСИД УГЛЕРОДА
(УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ) ОБРАЗУЕТСЯ
КАК ПОБОЧНЫЙ ПРОДУКТ.

ЕСЛИ ЭТИ ПРОЦЕССЫ
СБАЛАНСИРОВАНЫ,
ЭКОСИСТЕМА МОЖЕТ
НОРМАЛЬНО
ФУНКЦИОНИРОВАТЬ.

Фотосинтез

Дыхание

И ЕСЛИ РАССМОТРЕТЬ
ВЫРУБКУ ЛЕСОВ С ТОЧКИ
ЗРЕНИЯ БИОХИМИИ,
МЫ ПОЙМЁМ, ПОЧЕМУ
ЭТО ТАК
ОПАСНО!

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
БАЛАНС БУДЕТ
ОСНОВАТЕЛЬНО
НАРУШЕН...

И ФЕРМЕРЫ
БОЛЬШЕ НЕ СМОГУТ
ВЫРАЩИВАТЬ
ПОЛЕЗНЫЕ
ПРОДУКТЫ...

ВОТ-ВОТ.



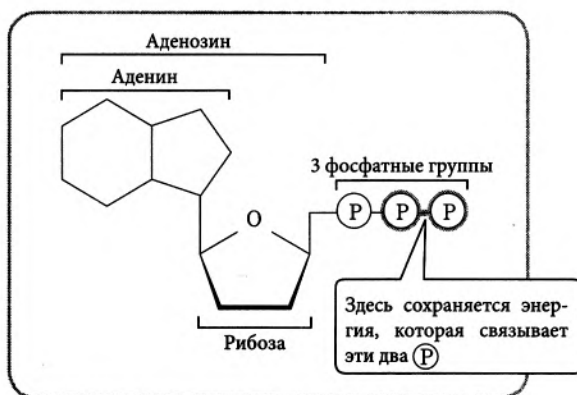


4. АТФ — УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

В процессе клеточного дыхания сахар в клетках растений и животных, образующийся в процессе фотосинтеза, превращается в источник потенциальной энергии — главным образом в форме аденозинтрифосфата (АТФ). АТФ обычно называют универсальным источником энергии, поскольку его используют фактически все живые организмы: бактерии, растения, животные, люди.

Тем не менее отдельные молекулы АТФ не переходят из одного организма в другой. Каким же образом передаётся энергия?

Как видно по рисунку, у АТФ имеются три фосфатные группы, присоединённые к аденозину. Когда внешняя фосфатная группа отсоединяется и АТФ расщепляется на аденозиндифосфат (АДФ) и неорганический фосфат (P_i), то высвобождается 7,3 ккал (31 кДж) / моль. Если гидролизовать АТФ в пробирке, то вода, в которой происходит реакция, нагреется в результате высвобождения энергии. Однако в живых клетках энергия расходуется, когда фермент (энзим) запускает химическую реакцию, в результате которой сокращаются мышцы или передаётся нервный импульс.



Аденозинтрифосфат (АТФ)

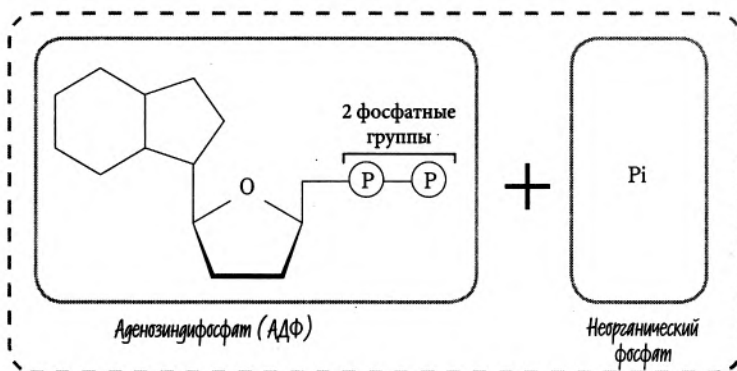
Когда внешняя фосфатная группа (P) отсоединяется, то в результате образуются аденозиндифосфат (АДФ) и неорганический фосфат (Pi)...

...высвобождается 7,3 ккал (31 кДж) энергии.

гидролиз

7,3 ккал (31 кДж) энергии расходуется...

...на создание аденозинтрифосфата (АТФ) из аденозиндифосфата (АДФ) и неорганического фосфата (Pi).



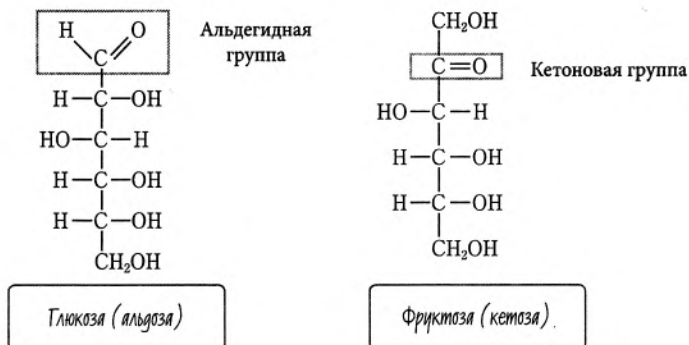
5. ВИДЫ МОНОСАХАРИДОВ

АЛЬДОЗЫ И КЕТОЗЫ

Итак, в одной из простых форм углеводов (моносахаридов) присутствует *альдегидная группа* – конструкция на основе углерода (подробности см. на стр. 61). Есть и другой вид моносахарида, где присутствует и второе углеродное образование – *кетоновая группа*.

Моносахариды, в молекулу которых входит альдегидная группа, называются *альдозами*, а моносахариды с кетонной группой – *кетозами*.

Глюкоза и галактоза относятся к альдозам, а фруктоза является одной из самых известных кетоз. (Подробнее о фруктозе рассказывается в главе 3.)

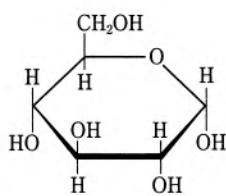


ПИРАНОЗА И ФУРАНОЗА

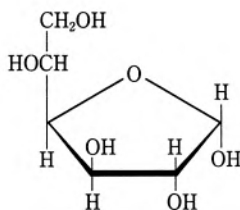
Мы уже выяснили, что молекула некоторых моносахаридов, например глюкозы, в циклической форме напоминает шестиугольник. При этом моносахарид, шестиугольный «каркас» которого составлен из пяти атомов углерода и одного атома кислорода, называется *пиранозой*. Встречаются, однако, молекулы моносахаридов пятиугольной формы, с четырьмя атомами углерода и одним атомом кислорода в основе. Такая конструкция называется *фуранозой*.

Хотя глюкоза обычно встречается в форме пиранозы, в очень редких случаях она становится фуранозой. Первую из этих форм называют *глюкопиранозой*, а вторую – *глюкофуранозой*.

Фруктоза в циклической её разновидности также может приобретать форму пиранозы или фуранозы. В таком случае говорят соответственно о *фруктопиранозе* и *фруктофуранозе*.



Глюкопираноза



Глюкофураноза

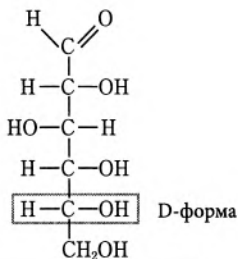
D-ФОРМА И L-ФОРМА

Изомеры моносахаридов, таких как глюкоза, встречаются в *D-форме* и *L-форме*. В данной книге рассматриваются моносахариды, которые имеют D-форму.

Чтобы пояснить разницу между двумя формами, возьмём для примера асимметричный атом углерода. Это атом, связанный с четырьмя различными атомными группами (у глюкозы это пятый атом углерода). Если OH присоединяется к асимметричному атому углерода с правой стороны в открытой цепи, мы имеем дело с D-формой. Если же OH оказывается слева, мы говорим об L-форме (см. второй рисунок). Таким образом, H и OH, связанные с атомами углерода (со второго по пятый) в D-форме и L-форме молекулы глюкозы, представлены как бы в зеркальном отображении (см. рисунки ниже).

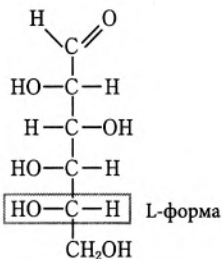
Чрезвычайно важно, что H и OH занимают «зеркальные» позиции именно в отношении 2-го – 5-го атомов углерода. Если бы, например, H и OH «отзеркаливались» только в отношении 4-го атома, у нас бы получился принципиально новый моносахарид – галактоза (см. стр. 62).

Заметим, что в природе большинство моносахаридов встречается в D-форме.



D-форма

D-глюкоза



L-форма

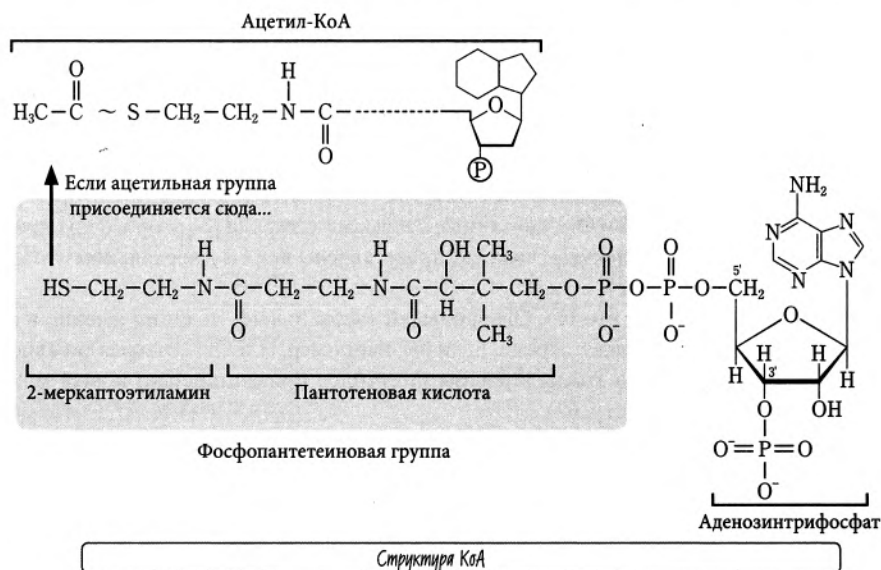
L-глюкоза

6. ЧТО ТАКОЕ КОА?

Когда пируват (пировиноградная кислота), образованный в результате гликолиза, вступает в цикл лимонной кислоты, формируется вещество под названием *ацетил-КоА*. Возникает вопрос: что такое КоА?

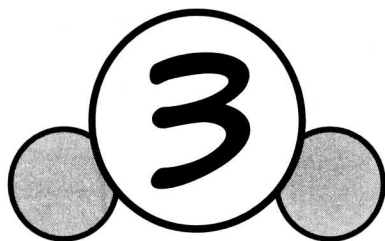
КоА означает *кофермент (коэнзим) А*. Его структура представлена на рисунке ниже. Как вы видите, два фосфата в этой цепочке связаны с 5-м атомом углерода в молекуле аденозинтрифосфата. Другие связи образуют также витамин под названием пантотеновая кислота и 2-меркаптоэтиламин.

В структуре КоА (выделена серым прямоугольником) присутствует *фосфопантетеиновая группа*, которая выступает в качестве «средства транспортировки» ацетильной группы (также называемой углеводной цепью жирных кислот). В начальной части молекулы ацетила-КоА, столь устрашающей на вид, есть ацетильная группа.



Другой вид белка, который действует почти так же, как КоА, – это ацилпереносящий белок (АПБ). Его мы подробнее рассмотрим в главе 3. Как видно из названия, этот белок тоже используется для транспортировки. Так же, как и КоА, он содержит фосфопантетеиновую группу, только размещается она в другом месте. И связана она с серином (аминокислота в составе АПБ), а не с аденозинтрифосфатом.

Будучи коферментом, КоА играет вспомогательную роль в химических реакциях, необходимых для метаболизма.



БЮХИМИЯ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ

.....



1. ЛИПИДЫ И ХОЛЕСТЕРИН

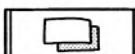
ЧТО ТАКОЕ ЛИПИДЫ?



ПРОШУ ПРОЩЕНИЯ, У МЕНЯ
ПОЯВИЛИСЬ НЕОТЛОЖНЫЕ ДЕЛА,
И СЕГОДНЯ МЫ НЕ СМОЖЕМ
ВСТРЕТИТЬСЯ. ПРЕДЛАГАЮ ВАМ
С НЕМОТО ПРОВЕСТИ САМОСТОЯ-
ТЕЛЬНУЮ РАБОТУ И ОТВЕТИТЬ
НА РЯД ВОПРОСОВ. О РЕЗУЛЬТАТАХ
ВЫ СООБЩИТЕ МНЕ ПРИ ВСТРЕЧЕ.

1. ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ ХОЛЕСТЕРИН
ВРЕДЕН ДЛЯ ОРГАНИЗМА?
2. ПОЧЕМУ ПРИ ПЕРЕЕДАНИИ
ЧЕЛОВЕК ПОЛНЕЕТ?
3. ЧТО ТАКОЕ ГРУППА КРОВИ?
4. ПОЧЕМУ ПО МЕРЕ СОЗРЕВАНИЯ
ФРУКТЫ СТАНОВЯТСЯ СЛАЩЕ?
5. ПОЧЕМУ РИСОВЫЕ ЛЕПЁШКИ МОТ
УПРУГИЕ?

БЕЗ ЗНАНИЯ БУДУЩИХ ЭТИ ЗАГАДКИ
НЕ РАЗГАДАТЬ! ПОСКОЛЬКУ
В УНИВЕРСИТЕТЕ ВАМ ЦЕЛЫ
НЕ ПОНАДОБИТСЯ, ПОРАЗМЫШЛЯЙТЕ
ОБ ЭТОМ ДОМА НА ДОСУГЕ.





Два часа спустя...

ПРИВЕТ!



ИТАК, ПУНКТ ПЕРВЫЙ!
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ ВРЕДЕН
ХОЛЕСТЕРИН?
ПОПРОБУЕМ ВЫЯСНИТЬ.

Да!

ХОЛЕСТЕРИН - ЭТО ВЕЩЬ,
ПО СУТИ, ЖИР? ТОГДА ОН
БЕССПОРНО ОПАСЕН ДЛЯ НАС.

ПАПА
ХОЛЕСТЕРИН
= ВРЕД!

ПАПА У МЕНЯ ВСЕГДА
СЛЕДИТ ЗА УРОВНЕМ
ХОЛЕСТЕРИНА В КРОВИ...

ЖИР ВРЕДЕН ДЛЯ
ЗДОРОВЬЯ. Я БЫ
ХОТЕЛА, ЧТОБЫ
В МОЁМ
ОРГАНИЗМЕ ЕГО
ВО ВСЕ НЕ БЫЛО!

Цель: сбросить 2 кг.

ПОКОНЧИТЬ С ЛИШНИМИ
КИЛОГРАММАМИ!!!

НУ, КУМЫ,
ЭТО УЖ ЧЕРЕСЧУР!

ВОТ ЧТО, ДАВАЙ-КА ЛУЧШЕ
НАЧНЁМ С ЛИПЦАОВ.
НА УРОКАХ ПРОФЕССОРА КУРОСАКИ
УЖЕ ШЛА РЕЧЬ ОБ УГЛЕВОДАХ.
ЕСЛИ ПРИБАВИТЬ К НИМ ЛИПЦАЫ И БЕЛКИ,
МЫ ПОЛУЧАЕМ ТРИ ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ
ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ.
ИТАК, ЛИПЦАЫ...

Э-эм...

ЧТО ЖЕ ТАКОЕ
ЛИПЦАЫ?
МЕНЯ ПРЕЖДЕ ВСЕГО
ИНТЕРЕСУЕТ,
ЖИРЫ ЭТО
ИЛИ НЕТ?

?

ЧТО Ж...

Клик-
кляк

Липиды

Нейтральный жир

• Нейтральный липид

• Фосфолипид

• Гликолипид

• Стероид

ИТАК,

СУЩЕСТВУЕТ НЕСКОЛЬКО
ВИДОВ ЛИПИДОВ: НЕЙТРАЛЬНЫЕ
ЛИПИДЫ, ФОСФОЛИПИДЫ,
ГЛИКОЛИПИДЫ И СТЕРОИДЫ.

ТО, ЧТО В БИОХИМИИ ПРИНЯТО
ОБОЗНАЧАТЬ ТЕРМИНОМ "ЛИПИД",
В ОБЫКОДЕ НАЗЫВАЮТ ЖИРОМ.
ЭТО ЖЕ СЛОВО, КАК ПРАВИЛО,
УПОТРЕБЛЯЮТ
И ДИЕТОЛОГИ.

ДЛЯ НАС ЭТА
РАЗНИЦА НЕ
СЛИШКОМ ВАЖНА.
ИНЫМИ СЛОВАМИ,
БУДЕМ СЧИТАТЬ, ЧТО
ЛИПИД = ЖИР.



ОБЫЧНО, КОГДА МЫ
ГОВОРИМ О ЖИРАХ
В СВЯЗИ С ДИЕТОЙ...



...МЫ ИМЕЕМ В ВИДУ
НЕЙТРАЛЬНЫЙ ЖИР,
ИЛИ НЕЙТРАЛЬНЫЕ
ЛИПИДЫ.

ЧТОБЫ НЕ ЗАПУТАТЬСЯ,
В ДАЛЬНЕЙШЕМ БУДЕМ
ИСПОЛЬЗОВАТЬ ТЕРМИН
"ЛИПИД".

ОК!



ПОСКОЛЬКУ
ПОД СЛОВОМ "ЛИПИД"
МОГУТ ПОДРАЗУМЕВАТЬСЯ
САМЫЕ РАЗНЫЕ
БИОМОЛЕКУЛЫ, ДАТЬ
ЧЁТКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ЭТОГО ВЕЩЕСТВА
СЛОЖНО.

ОДНО
ИЗ ВАЖНЫХ
СВОЙСТВ ЛИПИДОВ
СОСТОИТ В ТОМ,
ЧТО В ВОДЕ ОНИ
НЕ РАСТВОРЯЮТСЯ.
ЗАТО РАСТВОРЯЮТСЯ
В ОРГАНИЧЕСКИХ
РАСТВОРИТЕЛЯХ*.

ЛИПИД



ОРГАНИЧЕСКИЕ
РАСТВОРИТЕЛИ?

ДА. К НИМ ОТНОСИТСЯ,
НАПРИМЕР, АЦЕТОН.
ЧАСТО ОН ВХОДИТ
В СОСТАВ ЖИКОСТИ
ДЛЯ СНЯТИЯ ЛАКА.

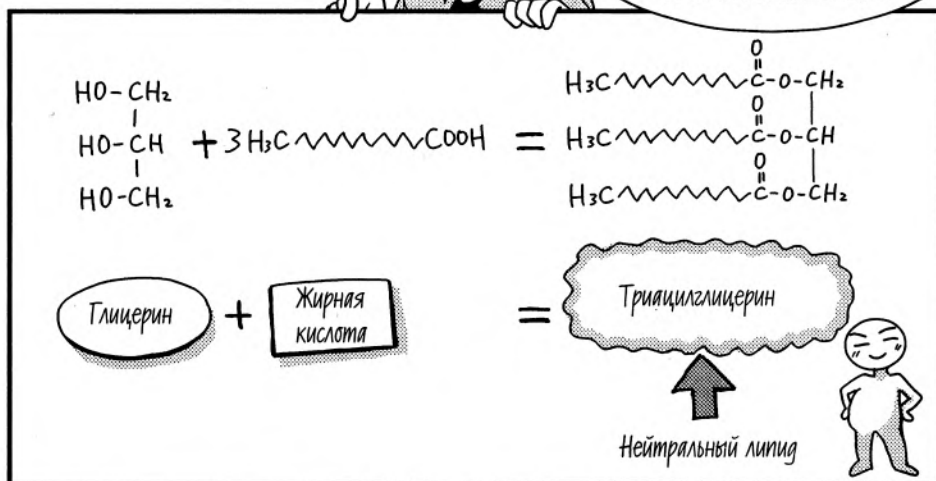
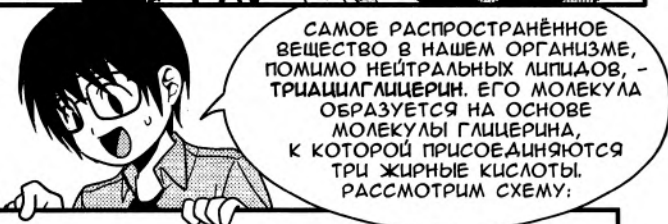
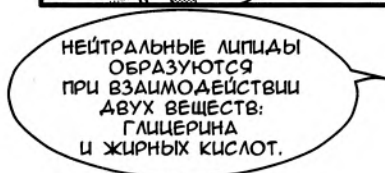


ОРГАНИЧЕСКИЕ
РАСТВОРИТЕЛИ -
ЭТО ЖИКОСТИ, В СОСТАВ
КОТОРЫХ ВХОДЯТ
ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ,
СОДЕРЖАЩИЕ АТОМЫ
УГЛЕРОДА.



ДРУГОЙ ПРИМЕР -
СПИРТ.

* СУЩЕСТВУЮТ, ВПРЧЕМ, ИСКЛЮЧЕНИЯ ИЗ ЭТОГО ПРАВИЛА.
ТАК, НЕКОТОРЫЕ ГЛИКОЛИПИДЫ РАСТВОРЯЮТСЯ В ВОДЕ.

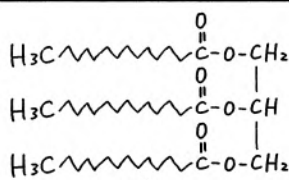


СЛЕДУЮЩИЙ
ПУНКТ -
ФОСФОЛИПИДЫ!

. Фосфолипид



В ОТЛИЧИЕ ОТ НЕЙТРАЛЬНЫХ
ЛИПИДОВ, В СОСТАВЕ
ФОСФОЛИПИДОВ ВМЕСТО
ОДНОЙ ИЗ ТРЕХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ
ПРИСУТСТВУЕТ ХИМИЧЕСКОЕ
СОЕДИНЕНИЕ, СОДЕРЖАЩЕЕ
ФОСФОРНУЮ КИСЛОТУ.



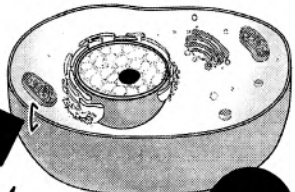
ЭТА ЧАСТЬ
ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ДВУХ ДРУГИХ.

КСТАТИ, МЫ УЖЕ
ОБСУЖДАЛИ
ФОСФОЛИПИДЫ.
ПОМНИШЬ?

ЧЕСТНО
ГОВОРЯ,
НЕТ...

Уф-ф...

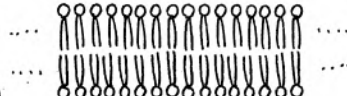
НУ КАК ЖЕ!
МЫ ГОВОРИЛИ
О КЛЕТОЧНОЙ
МЕМБРАНЕ...



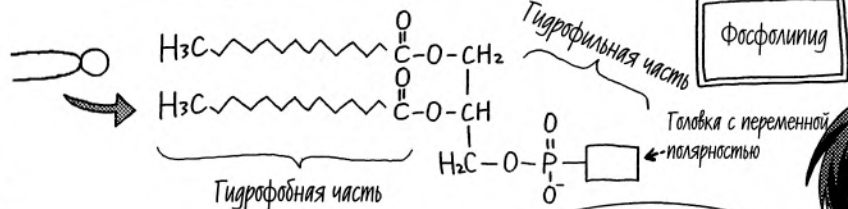
...ОНА
СОСТОИТ
ПРЕИМУЩЕСТВЕННО
ИЗ ФОСФОЛИПИДОВ.

ОТЛИЧИТЕЛЬНОЕ СВОЙСТВО
ФОСФОЛИПИДОВ -
АМФИПАТИЧНОСТЬ.

ДВЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ
ЯВЛЯЮТСЯ ГИДРОФОБНЫМИ,
А ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ,
СОДЕРЖАЩЕЕ ФОСФОРНУЮ
КИСЛОТУ, - ГИДРОФИЛЬНЫМ.
В РЕЗУЛЬТАТЕ ФОСФОЛИПИДЫ
ОБРАЗУЮТ ДВУХСЛОЙНУЮ
МЕМБРАНУ: ГИДРОФОБНАЯ ЧАСТЬ
ОБРАЩЕНА ВНУТРЬ, А ГИДРО-
ФИЛЬНАЯ - НАРУЖУ.



УВЕЛИЧЕНИЕ



* В ГОЛОВКЕ ФОСФОЛИПИДА - ГРУППА С ПЕРЕМЕННОЙ ПОЛЯРНОСТЬЮ. ФОСФОЛИПИД, ОСНОВУ КОТОРОГО СОСТАВЛЯЕТ ГЛИЦЕРИН, НАЗЫВАЕТСЯ ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИД. В ГОЛОВКЕ СФИНГОЛИПИДОВ СОДЕРЖИТСЯ АМИНОСПИРТ СФИНГОЗИН.

ГИДРОФИЛЬНОСТЬ -
ЭТО СПОСОБНОСТЬ ВЕЩЕСТВА
СМЕШИВАТЬСЯ С ВОДОЙ.
ГИДРОФОБНОСТЬ ОЗНАЧАЕТ, ЧТО
ВЕЩЕСТВО ПЛОХО СМЕШИВА-
ЕТСЯ С ВОДОЙ. АМФИПАТИ-
ЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ВЕДУТ
СЕБЯ ПО-РАЗНОМУ.

ПЕРЕХОДИМ
К ГЛИКОЛИПАДАМ!

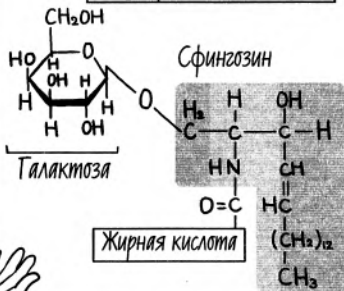
Гликолипид

ГЛИКОЛИПАДЫ -
ЭТО ЛИПАДЫ,
В СОСТАВ КОТОРЫХ
ВХОДИТ САХАРА.

СУЩЕСТВУЮТ РАЗНЫЕ
ВІДЫ ГЛИКОЛИПАДОВ,
В ЧАСТНОСТИ
СФИНГОГЛИКОЛИПАДЫ
И ГЛИЦЕРО-
ГЛИКОЛИПАДЫ.

Сахарид

Галактоцереброзид
(вид сфингогликолипида)



ФОСФОЛИПАДЫ
И ГЛИКОЛИПАДЫ,
ТАК ЖЕ КАК
НЕЙТРАЛЬНЫЕ ЛИПАДЫ,
ИМЕЮТ В СВОЕМ
СОСТАВЕ
ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ.

Липиды

Нейтральный
жир

• Нейтральный липид

• Фосфолипид

• Гликолипид

• Стероид

ХМ-М... ВЫХОДИТ, ЖИРНЫЕ
КИСЛОТЫ ВХОДЯТ
В СОСТАВ САМЫХ РАЗНЫХ
ВІДОВ ЛИПАДОВ?

Содержат жирные кислоты

НУ ДА! БОЛЬШИНСТВО
ЛИПАДОВ СОДЕРЖАТ
ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ.

И ПРИ ЭТОМ ОНИ
ИГРАЮТ
НАИВАЖНЕЙШУЮ РОЛЬ.

ДА НУ?
ХОТЕЛОСЬ БЫ
УЗНАТЬ, КАКУЮ...

КУМЫ, ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ,
ПРОТИВ КОТОРЫХ ТЫ ТАК
НАСТРОЕНА, НА САМОМ ДЕЛЕ
ОЧЕНЬ НУЖНЫ ОРГАНИЗМУ!

СЕЙЧАС
ПОЯСНЮ.



ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ



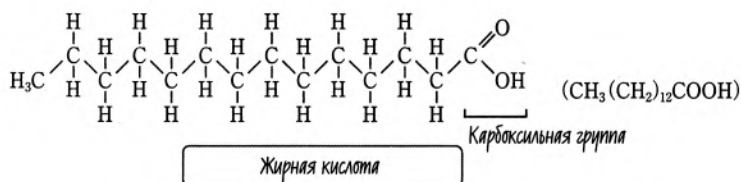
Жирные кислоты являются источником энергии и образуют **фосфолипиды**, которые служат «строительным материалом» для клеточных мембран. Не будь жирных кислот, не было бы на Земле и людей!



Серьёзно?! Ну и ну! А я-то думала, что это наши «враги».



Для начала рассмотрим структуру жирных кислот. Обычно они образуются путём соединения нескольких десятков атомов углерода (C). Жирные кислоты, присутствующие в нашем организме, содержат от 12 до 20 атомов углерода.



В самом конце этой длинной цепочки (которая называется *гидроуглеродной цепью*) находится *карбоксильная группа* ($-\text{COOH}$).

Поскольку к каждому атому углерода присоединяются только атомы водорода (H), жирные кислоты почти не смешиваются с водой. В них отсутствуют гидроксильные группы (OH), входящие в состав сахаридов (см. стр. 61).



Понятно: это как в случае с маслом и водой. Они тоже практически не смешиваются!



Некоторые жирные кислоты производятся прямо в нашем организме. Например, излишек углеводов преобразуется в пальмитиновую кислоту. Две жирные кислоты, линолевая и альфа-линоленовая, жизненно важны для человека: они поддерживают его здоровье. Поэтому их называют *незаменимыми жирными кислотами*.

При этом их нельзя синтезировать организмом человека. Стеариновая и арахидоновая кислота также не синтезируются организмом человека, однако они не столь важны для нашего здоровья. Каждая из этих жирных кислот содержит более 16 атомов углерода.

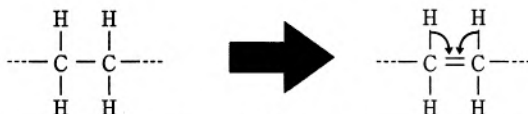


Вот это да! Так много углерода...

Пальмитиновая кислота	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Таким образом принято обозначать двойную связь в молекуле.
Стеариновая кислота	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	
Линолевая кислота	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	
Альфа-линоленовая кислота	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	
Арахидоновая кислота	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	



В середине молекул некоторых жирных кислот, как видно по рисунку, есть двойные связи между атомами углерода.



У атома углерода есть четыре «плеча», к каждому из которых обычно присоединяется отдельный атом.

Однако в ряде случаев сразу два «плеча» атома углерода используются для связи с другим атомом. Это так называемая двойная связь.



Атом углерода, образующий двойную связь, называется ненасыщенным; жирные кислоты, содержащие такие атомы в своём составе, также называются ненасыщенными.

Ненасыщенные жирные кислоты с трудом переходят в твёрдую форму: они остаются жидкими при низких температурах, при которых насыщенные жирные кислоты уже затвердевают. Поэтому они часто входят в состав клеточных мембран (т. е. фосфолипидов), для которых важно такое свойство, как гибкость.



То есть чем больше количество двойных связей, тем сложнее жирным кислотам перейти в твёрдую форму?



Верно! Двойные связи могут образовывать изгибы, которые затрудняют такой переход. Поэтому температура плавления жирных кислот в значительной степени определяется количеством атомов углерода и числом двойных связей между ними.

ХОЛЕСТЕРИН ОТНОСИТСЯ К СТЕРОИДАМ



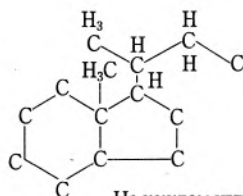
Ну ладно... Мы немного отвлеклись, а сейчас возвращаемся к холестерину.



Хорошо! С липидами и жирными кислотами, похоже, мы основательно разобрались. А вот что такое холестерин?



Холестерин – это тоже одна из разновидностей липидов, но структура у него следующая:



На каждом углу расположен один атом углерода.



Три шестиугольника и один пятиугольник соединены в одну фигуру, как показано на рисунке выше. Это так называемый *стероидальный скелет*. А липид, для которого эта форма является базовой, называется *стероидом*. Так... Получается, что стероиды относятся к жирам! Бр-р-р!

Липиды

Нейтральный жир
Нейтральный липид

Фосфолипид

Гликолипид

Стероид





ФУНКЦИИ ХОЛЕСТЕРИНА



Я поняла, что холестерин относится к *стероидам*. Осталось только выяснить, что такое стероиды! Если не ошибаюсь, их используют в бодибилдинге для накачивания мышц...



Обычно слово «стероиды» вызывает ассоциацию с лекарственными препаратами и упругими мышцами. Но стероиды образуются в нашем организме и естественным образом. К их числу относится и холестерин. Существуют, например, так называемые *стероидные гормоны*. Наиболее известные из них – половые гормоны: они придают мужчинам мужественность, а женщинам – женственность.

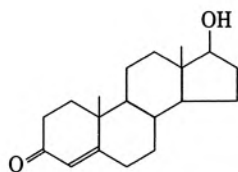


Половые гормоны? О-о, я очень благодарна им за то, что они делают меня женственной!.. Мужчины такие грубые...

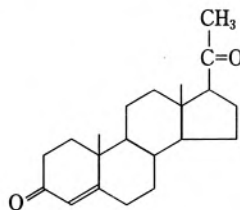


Хм... ну, может быть, может быть...

Кстати, в образовании *тестостерона*, «мужского» гормона, вырабатываемого преимущественно семенниками, участвует холестерин. Другой половой гормон, *прогестерон*, образуемый в яичниках или плаценте женщин, также формируется с участием холестерина.



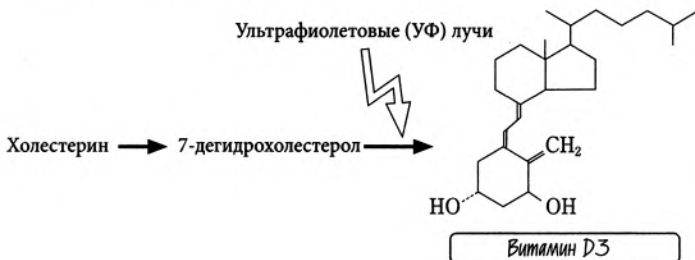
Тестостерон



Прогестерон



Ещё один стероид, образуемый на основе холестерина, – витамин D. Поскольку этот витамин вырабатывается в нашем организме в ответ на воздействие ультрафиолетовых лучей, он крайне важен для человека, поскольку защищает его от солнца.



Кроме того, холестерин участвует в образовании желчной кислоты*, необходимой для всасывания и усвоения жира в тонком кишечнике.



Ого! Холестерин выполняет так много задач... Я и подумать не могла!



Да, это очень важное вещество! Когда люди утверждают (как, например, твой папа), что холестерин вреден для здоровья, то обычно ссылаются на атеросклероз и ожирение. Но у холестерина, в сущности, есть масса полезных функций.



Да-а... Честно говоря, я в недоумении... Почему же одно только упоминание холестерина сразу наводит на мысль о всяких болезнях и лишнем весе?



Не волнуйся! Скоро мы узнаем ответ!

* Желчная кислота вырабатывается печенью, накапливается в желчном пузыре и выделяется в двенадцатиперстную кишку.

ЛИПОПРОТЕИНЫ: БОРЬБА ДОБРА И ЗЛА

НАКОНЕЦ-ТО МЫ ПОДОБРАЛИСЬ
К СУТИ ВОПРОСА. ИТАК,
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ ВРЕДЕН
ХОЛЕСТЕРИН?

Я СЛЫШАЛА, ЧТО БЫВАЕТ
"ХОРОШИЙ" И "ПЛОХОЙ"
ХОЛЕСТЕРИН...

НО УРАВНОВЕШИВАЮТ ЛИ
ОНИ ДРУГ ДРУГА?

УА-ХА-ХА!

ХОЛЕСТЕРИН

НА САМОМ ДЕЛЕ
НЕ СУЩЕСТВУЕТ
РАЗНЫХ ФОРМ
ХОЛЕСТЕРИНА -
НИ "ХОРОШЕЙ",
НИ "ПЛОХОЙ".



КАК??!

ФОРМУЛА
ХОЛЕСТЕРИНА
НЕИЗМЕННА.



Холестерин

"ХОРОШИМ"
ИЛИ "ПЛОХИМ"
ОН НАЗЫВАЕТСЯ
В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ТОГО,
КАК ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ
ЕГО ПЕРЕНОС.

НЕВЕРОЯТНО!
ХОРОШИЙ И ПЛОХОЙ
ХОЛЕСТЕРИН -
ОАНО И ТО ЖЕ?!

СЕЙЧАС ОБЪЯСНЮ.
ПОСКОЛЬКУ ЛИПИДЫ
НЕ РАСТВОРЯЮТСЯ В ВОДЕ,
ОНИ НЕ МОГУТ
ПРИСУТСТВОВАТЬ
И В КРОВИ.

НО ВМЕСТЕ
СО МНОЖЕСТВОМ
ДРУГИХ МОЛЕКУЛ ОНИ
ОБРАЗУЮТ РАСТВОРИМОЕ
ВЕЩЕСТВО -
ЛИПОПРОТЕИН.

Липо-
протеин

КРОВЬ

Липо-
протеин

ЛИПОПРОТЕИН
ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ
ОТНОСИТЕЛЬНО БОЛЬШОЕ
СФЕРИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ,
СОДЕРЖАЩЕЕ НЕЙТРАЛЬНЫЕ
ЛИПИДЫ ИЛИ ЭФИР
ХОЛЕСТЕРИНА* –
ВЕЩЕСТВА, ПЛОХО
СМАЧИВАЕМЫЕ
ВОДОЙ.

НА ПОВЕРХНОСТИ
ЛИПОПРОТЕИНА
РАСПОЛОЖЕНЫ
АМФИПАТИЧЕСКИЕ
ФОСФОЛИПИДЫ,
ОСОБЫЙ ТИП БЕЛКА –
АПОПРОТЕИН...

КАК ВСЁ СЛОЖНО
НА ВИД...

...И СВОБОДНЫЙ
ХОЛЕСТЕРИН**.

Эфир холестерина
Фосфолипид
Свободный холестерин
Апопротеин

Липопротеин

ПЛЕСК...

ЛИПОПРОТЕИНЫ
КЛАССИФИЦИРУЮТСЯ
В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ УДЕЛЬНОЙ
ПЛОТНОСТИ,
КАК ВИДНО
ПО РИСУНКУ.

Нейтральный
липид

Белок

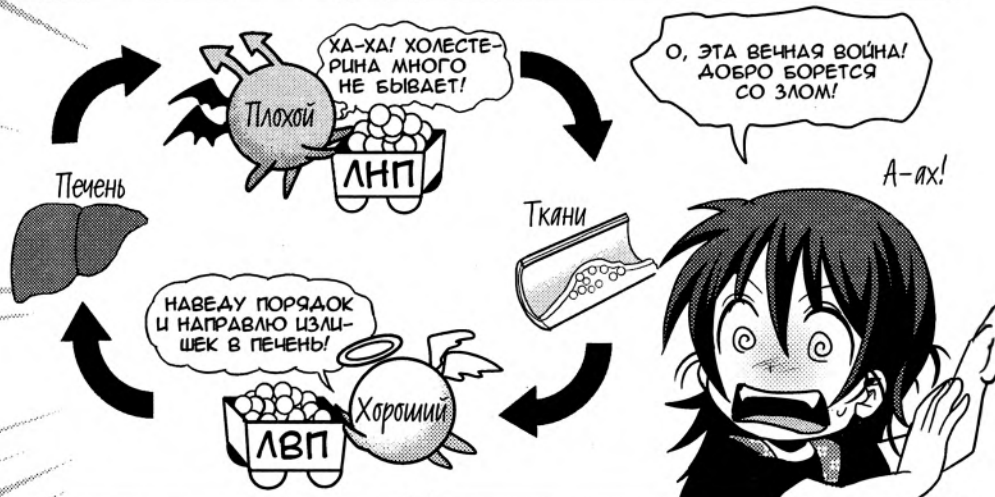
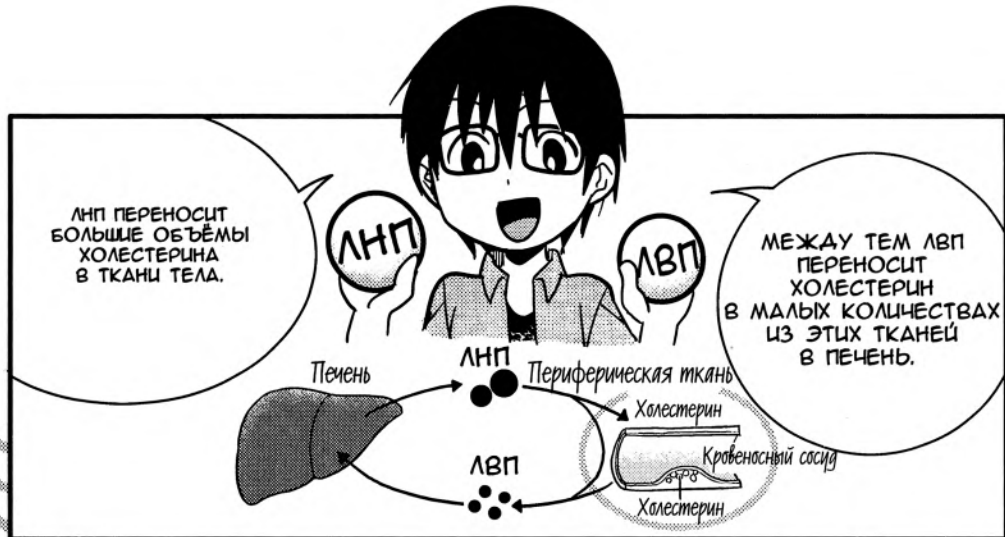
УДЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ –
ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИПОПРОТЕИНА
В ЦЕЛОМ.
ЕСЛИ НЕЙТРАЛЬНЫЕ ЛИПИДЫ
В ЕГО СТРУКТУРЕ
ПРЕОБЛАДАЮТ НАД БЕЛКАМИ,
УДЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ НИЖЕ,
А ЕСЛИ ПРЕОБЛАДАЮТ БЕЛКИ –
ВЫШЕ.



ясно...

* ЭФИР ХОЛЕСТЕРИНА – ЭТО ХОЛЕСТЕРИН С ПРИСОЕДИНЕННОЙ К НЕМУ
ЖИРНОЙ КИСЛОТЫ.

** СВОБОДНЫЙ ХОЛЕСТЕРИН – ЭТО ХОЛЕСТЕРИН БЕЗ ПРИСОЕДИНЕННОЙ К НЕМУ ЖИРНОЙ
КИСЛОТЫ.





ЧТО ТАКОЕ АРТЕРИОСКЛЕРОЗ?



Теперь, когда ты получила самое общее представление о холестерине, представь, что произойдёт, если плотность ЛНП («плохого» холестерина) в крови повысится, а плотность ЛВП («хорошего») уменьшится.



М-м-м... Думаю, холестерин будет поступать в ткани быстрее, чем выводиться оттуда. В итоге он будет накапливаться в кровеносных сосудах.



Верно! Холестерин откладывается на стенках кровеносных сосудов, и их внутренние просветы сужаются, так что кровоток затрудняется. Это и называется *артериосклерозом*.



Кровеносные сосуды уплотняются, и по мере того как симптомы усугубляются, болезнь даёт о себе знать, а в конечном счёте даже может привести к смертельному исходу.

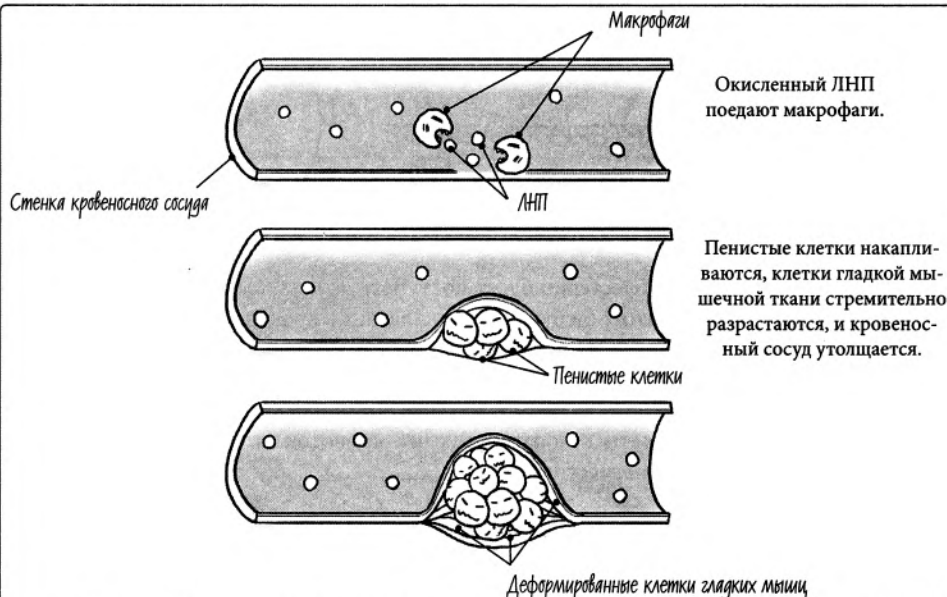


Избыток холестерина смертельно опасен? М-да, с этим трудно смириться...



Рассмотрим типичную разновидность артериосклероза – *атеросклероз*. Вначале холестерин из ЛНП откладывается на внутренних стенках поражённого кровеносного сосуда. Затем этот холестерин потребляют фагоциты*, например *макрофаги*, и начинают накапливаться клетки, заполненные жиром, – так называемые пенистые (ксантомные) клетки. После этого клетки гладкой мышечной ткани, образующей стенки кровеносного сосуда, также заметно уплотняются, становятся более жёсткими.

* Фагоциты – разновидность белых кровяных клеток, которые отличаются свойством поглощать другие клетки, вредные для организма. Являются важным элементом иммунной системы.



Да уж, эта артерия забита плотнее, чем трубы у меня в ванной. Но проблемы с сантехникой, по крайней мере, не представляют угрозу для жизни!



Как знать! Содержимое наших труб – это настоящие джунгли. И у них свои, неизвестные нам законы...



Фу-у, Немото! Это уже лишнее!



Гм... ладно, я отвлекся. Давай взглянем на рисунок: здесь показано, какие болезни может вызвать артериосклероз.



? №1

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ ВРЕДЕН ХОЛЕСТЕРИН?

- ⓐ Холестерин, который попадает в кровь за счёт липопротеинов, может быть «хорошим» (ЛВП) и «плохим» (ЛНП).
- ⓑ Холестерин в ЛНП переносится в периферические ткани, а холестерин в ЛВП – из периферических тканей в печень. Очень важна сбалансированность этих процессов.
- ⓒ Холестерин играет важную роль в образовании гормонов, но избыток холестерина чреват развитием атеросклероза, который может вызвать серьёзные заболевания и даже привести к смерти.



2. БИОХИМИЯ И ПОЛНОТА. КАК ОТКЛАДЫВАЕТСЯ ЖИР

СЛЕДУЮЩИЙ ВОПРОС МЕНЯ ПО-НАСТОЯЩЕМУ ВОЛНУЕТ! ПОЧЕМУ МЫ НАБИРАЕМ ВЕС, ЕСЛИ РЕГУЛЯРНО ПЕРЕЕДАЕМ?



СУЩЕСТВЕННОЕ ПРЕВЫШЕНИЕ НОРМАЛЬНОГО ВЕСА ВРАЧИ НАЗЫВАЮТ ОЖИРЕНИЕМ.

ПО НАЗВАНИЮ ВИАНО, ЧТО ЭТА БОЛЕЗнь СВЯЗАНА С ИЗБЫТОЧНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ЖИРА.



НУ ЧТО Ж! РАССМОТРИМ ПРОБЛЕМУ ОЖИРЕНИЯ С БИОХИМИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ.

М-М...



ПОТРЕБЛЯЕМАЯ И РАСХОДУЕМАЯ ЭНЕРГИЯ

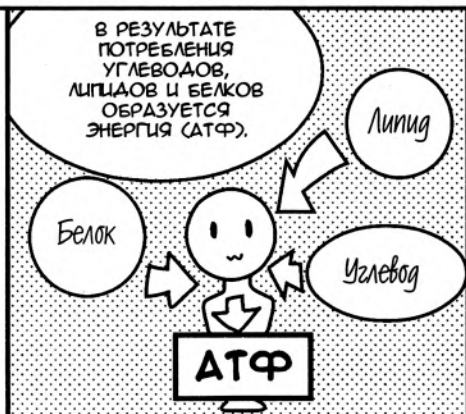
В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ УГЛЕВОДОВ, ЛИПИДОВ И БЕЛКОВ ОБРАЗУЕТСЯ ЭНЕРГИЯ (АТФ).

Белок

Липид

Углевод

АТФ



В 1 МОЛЕ МОЛЕКУЛ АТФ СОДЕРЖИТСЯ ПРИМЕРНО 7,3 ККАЛ.

АТФ

СУММАРНАЯ ЭНЕРГИЯ, ИСТОЧНИКОМ КОТОРОЙ ЯВЛЯЮТСЯ УГЛЕВОДЫ, ЛИПИДЫ И БЕЛКИ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ, НАЗЫВАЕТСЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИЕЙ*.



* УЧИТЫВАЯ, ЧТО НЕКОТОРЫЕ ИЗ ЭТИХ ВЕЩЕСТВ ВЫВОДЯТСЯ ИЗ ОРГАНИЗМА, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИЕЙ СЛЕДУЕТ СЧИТАТЬ ЭНЕРГИЮ, ПОЛУЧЕННУЮ ИЗ УГЛЕВОДОВ, ЛИПИДОВ И БЕЛКОВ, УСВОЕННЫХ ОРГАНИЗМОМ.

ЧЕМ БОЛЬШЕ ЕШЬ,
ТЕМ БОЛЬШЕ
ЭНЕРГИИ ПОЛУЧАЕШЬ.

С ДРУГОЙ СТОРОНЫ,
ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ
РАСХОДУЮТ ЭНЕРГИЮ
ЕЖЕСЕКУННО.

ТОЧНО! ДАЖЕ КОГДА
Я СПЛЮ ИЛИ ПРОСТО
СМОТРУ ТЕЛЕВИЗОР...

...МОЙ ОРГАНИЗМ
В КАКОЙ-ТО СТЕПЕНИ
ПОЛУЧАЕТ НЕОБХОДИМЫЙ
МИНИМУМ ЭНЕРГИИ.
ЭТО НАЗЫВАЕТСЯ
"БАЗАЛЬНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ"
(ОСНОВНОЙ ОБМЕН), ТАК?

ТОЧНО!
НУ А ВО ВРЕМЯ ТРЕНИРОВОК
ЭНЕРГИИ РАСХОДУЕТСЯ
НАМНОГО БОЛЬШЕ.

Брум-м!

СУММАРНАЯ ЭНЕРГИЯ,
КОТОРУЮ МЫ ТРАТИМ,
НАЗЫВАЕТСЯ
РАСХОДУЕМОЙ ЭНЕРГИЕЙ.

Жжжж!

Жжжж!

ЕСЛИ ЭНЕРГИИ
РАСХОДУЕТСЯ МЕНЬШЕ,
ЧЕМ ПОТРЕБАЕТСЯ...

Энергия
откладывается
в виде жира

...ТО ОСТАТОК ЭНЕРГИИ
РЕЗЕРВИРУЕТСЯ
В ОРГАНИЗМЕ
В ВИДЕ ЖИРА.

Ох!

Уф-ф!

ПРИДЁТСЯ МНЕ
УПОРНО
ТРЕНИРОВАТЬСЯ,
ЧТОБЫ ВСЕГДА
БЫТЬ В ФОРМЕ.

Вжжж...



В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ ОТКЛАДЫВАЕТСЯ ЖИР



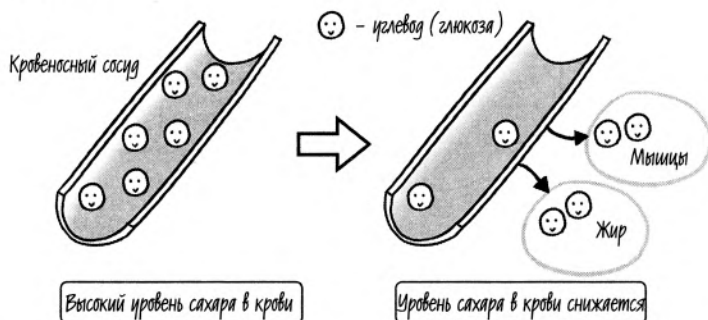
В организме животных и людей предусмотрен механизм поддержания определённого уровня жира. Если мы переедаем и жира накапливается много, в мозг посылается сигнал: уменьшить потребление пищи. И напротив, если жира мало, мы испытываем голод и начинаем есть, чтобы восстановить жировые запасы.



Интересно! Думаю, что этот инстинкт мы унаследовали от диких животных, которым нелегко выживать в суровых условиях. Если ты слишком тучен и неповоротлив, ты не сможешь добывать себе пропитание, а если слишком худ – ослабнешь и можешь погибнуть.



Точно. Например, белковый гормон **инсулин** помогает глюкозе, содержащейся в крови, абсорбироваться в мышечной или жировой ткани и откладываться в виде гликогена или жира. В результате уровень сахара в крови снижается. Поэтому инсулин применяют при лечении сахарного диабета.



А-а, так значит, «уровень сахара» – это концентрация глюкозы в крови! А если глюкоза переносится в мышцы и жировые ткани, то уровень сахара снижается.

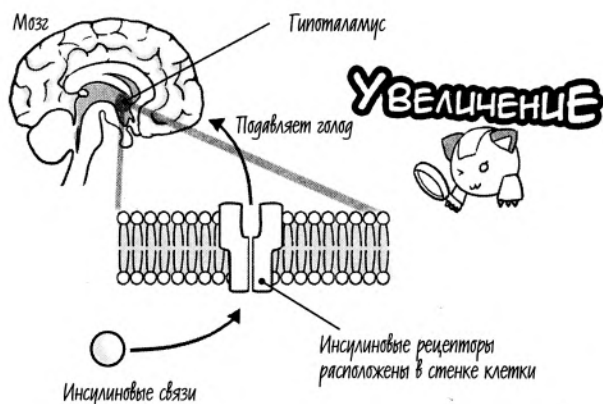


Мембраны нервных клеток гипоталамуса (особого отдела мозга) содержат белок, называемый **инсулиновым рецептором***.

* Инсулиновые рецепторы имеются в мембранах многих видов клеток, помимо нервных.



Итак, инсулин, оказывая воздействие на гипоталамус, влияет на потребление еды и на уровень жира в организме.



Нервная система гасит аппетит при наличии инсулиновых связей и инсулиновых рецепторов в гипоталамусе.

Для того чтобы доказать это, учёные в своё время провели ряд занимательных опытов. Лабораторные мыши, для которых были созданы условия, предотвращающие образование инсулиновых рецепторов, в конечном счёте невероятно располнели.



Ого! Получается, моему мозгу можно дать команду: «Надо поменьше есть»? Верится с трудом!



Есть ещё белок под названием лептин, который образуется только в жировой ткани. Он «уведомляет» мозг о накоплении избытка жира благодаря лептиновым рецепторам в гипоталамусе – они действуют почти так же, как инсулиновые рецепторы. В результате опять же снижается аппетит.



Понятно. Итак, инсулин и лептин – два важных белка, позволяющих регулировать наше чувство голода.



Верно! Учёные провели на мышах опыты, ставящие целью изучить влияние лептина. Выяснилось, что мыши с дефектными генами, отвечающими за образование лептина, такие же толстые, как и мыши, у которых отсутствуют инсулиновые рецепторы.



Кошмар! И чего только не приходится терпеть мышам во имя науки!..



Если сравнить уровень концентрации лептина в крови худощавого человека и пациента, страдающего ожирением, это значение в том и другом случае будет пропорционально количеству жира в организме.

У людей, которые переедают, образуется столько же лептина, сколько и у всех прочих. Лептин подавляет аппетит только у людей, вес которых находится в пределах нормы. У тех, кто страдает ожирением, всё иначе: их организм устойчив к воздействию лептина.



Лептин



О ужас! Если инсулин или лептин перестанут выполнять свои функции, мы будем есть не переставая, и аппетит не поубавится!



Есть и другие вещества, которые позволяют нам поддерживать уровень жира в организме и нормальный аппетит. Сейчас мы обсудим это поподробнее!

ИЗБЫТОК УГЛЕВОДОВ ОТКЛАДЫВАЕТСЯ В ВИДЕ ЖИРА!

ПОЛНОТА И ОЖИРЕНИЕ -
ЭТО РЕЗУЛЬТАТ
СУЩЕСТВЕННОГО НАРУШЕНИЯ
МЕТАБОЛИЧЕСКОГО
ГОМЕОСТАТИЧЕСКОГО*
БАЛАНСА.

А ЭТО,
В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ,
РЕЗУЛЬТАТ
ИЗБЫТОЧНОГО
НАКОПЛЕНИЯ ЖИРА.

КОРОЧЕ ГОВОРЯ...

ЧЕМ БОЛЬШЕ ЕШЬ -
ТЕМ БОЛЬШЕ
ЖИРА.

Шать,

шать

* ГОМЕОСТАЗ - ПРОЦЕСС НЕПРЕРЫВНОГО ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ
С ЦЕЛЮ ПОДДЕРЖАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ В НЕИЗМЕННОМ СОСТОЯНИИ.

А ТЕПЕРЬ ИССЛЕДУЕМ
БИОХИМИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ...



Хрум-хрум



ЧТО ПРОИС-
ХОДИТ?!

...СОПРОВОЖДАЮЩИЕ
НАКОПЛЕНИЕ ЖИРА!

СУЩЕСТВУЮТ
ДВА ОСНОВНЫХ СПОСОБА
ОТЛОЖЕНИЯ ЖИРА.

Липид

Углевод

ПЕРВЫЙ СПОСОБ:
ЛИПИДЫ, ПОТРЕБ-
ЛЯЕМЫЕ В СОСТАВЕ
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ,
НЕПОСРЕДСТВЕННО НА-
КАПЛИВАЮТСЯ В ОР-
ГАНИЗМЕ.

ВТОРОЙ СПОСОБ:
УГЛЕВОДЫ
ПРЕОБРАЗУЮТСЯ
В ЖИР.

Липид

Углевод

Ой...



* ГИДРОЛИЗ - ЭТО РАСЩЕПЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ПОД ВОЗДЕЙ-
СТВИЕМ ФЕРМЕНТОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ. ПОДРОБНАЯ ИН-
ФОРМАЦИЯ ОБ ЭТОМ ПРОЦЕССЕ ПРИВОДИТСЯ НА СТР. 173.



ПРОВЕРКА!

1 ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИН ПЕРЕНОСИТСЯ В КРОВЬ ПРИ ПОСРЕДСТВЕ ЛИПОПРОТЕИНОВ ОЧЕНЬ НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ (ЛОПТ), ОБРАЗУЕМЫХ В ПЕЧЕНИ, И ХИЛОМИКРОНОВ, АБСОРБИРУЕМЫХ И ОБРАЗУЕМЫХ В ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ.

2 НА ПОВЕРХНОСТИ КЛЕТОК ЭНДОТЕЛИЯ, КОТОРЫМИ ПРОЛОЖЕНЫ КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ, ПРИСУТСТВУЕТ ОСОБЫЙ ФЕРМЕНТ - ЛИПОПРОТЕИНАЛИПАЗА. КОГДА ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИН ПО КАПИЛЛЯРАМ ПЕРЕНОСИТСЯ В ЖИРОВУЮ ТКАНЬ, МЫШЦЫ И ДРУГИЕ ТКАНИ, ОН ВСТУПАЕТ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ЛИПАЗОЙ ЛИПОПРОТЕИНА И ГИДРОЛИЗУЕТСЯ. В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАЗУЮТСЯ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ И ГЛИЦЕРИН.

3 ЭТИ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ И ГЛИЦЕРИН СОХРАНЯЮТСЯ В ЖИРОВОЙ ТКАНИ.

4 В ДАЛЬНЕЙШЕМ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ И ГЛИЦЕРИН СНОВА СОЕДИНЯЮТСЯ, ОБРАЗУЯ ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИН.

НАДО ЕГО РАСЩЕПИТЬ!



Ох...

И В РЕЗУЛЬТАТЕ ВСЕГО ЭТОГО ЖИР ПОСТЕПЕННО НАКАПЛИВАЕТСЯ В ОРГАНИЗМЕ!

НАКОПЛЕНИЕ
ТРИАЦИГЛИЦЕРИНА
ПРИВОДИТ К ПОЛНОТЕ...

У МЕНЯ ЕСТЬ ПЛАН!

ТАК Я ЕГО
ВОСРЕ ИСКЛЮЧУ
ИЗ РАЦИОНА!

НИКАКИХ
ЛИПЦАОВ -
И ПРОБЛЕМА
РЕШЕНА.
ПРАВИЛЬНО?

НЕ СОВСЕМ.
ВЕДЬ БЛЮДА,
КОТОРЫЕ ТЫ ЛЮБИШЬ,
СОДЕРЖАТ НЕ ТОЛЬКО
ЛИПЦАЫ,
НО И САХАРАЫ...

АХ, АА!
ЖИР ЖЕ ЕЩЁ
ОБРАЗУЕТСЯ НА ОСНОВЕ
УГЛЕВОДОВ!

ЕСЛИ ЕСТЬ МНОГО
ЛАПШИ ИЛИ МАКАРОН,
НЕПРЕМЕННО НАБЕРЁШЬ
ВЕС. ВЕДЬ В ЭТИХ
ПРОДУКТАХ
МНОГО УГЛЕВОДОВ!

ПОЭТОМУ ПИТАНИЕ
ДОЛЖНО БЫТЬ
СБАЛАНСИРОВАННЫМ
И УМЕРЕННЫМ!

ДРУГИМИ СЛОВАМИ,
ЕСЛИ МЫ ПОТРЕБЛЯЕМ
ЧРЕЗМЕРНО МНОГО
УГЛЕВОДОВ...

...ТО В НАШЕМ ОРГАНИЗМЕ
ОНИ ПРЕОБРАЗУЮТСЯ
В ЖИР, КОТОРЫЙ
ОТКЛАДЫВАЕТСЯ
В ЖИРОВОЙ ТКАНИ
ИЛИ ПЕЧЕНИ.

Липид

Углевод

Метаболизм

Преобразование в жир

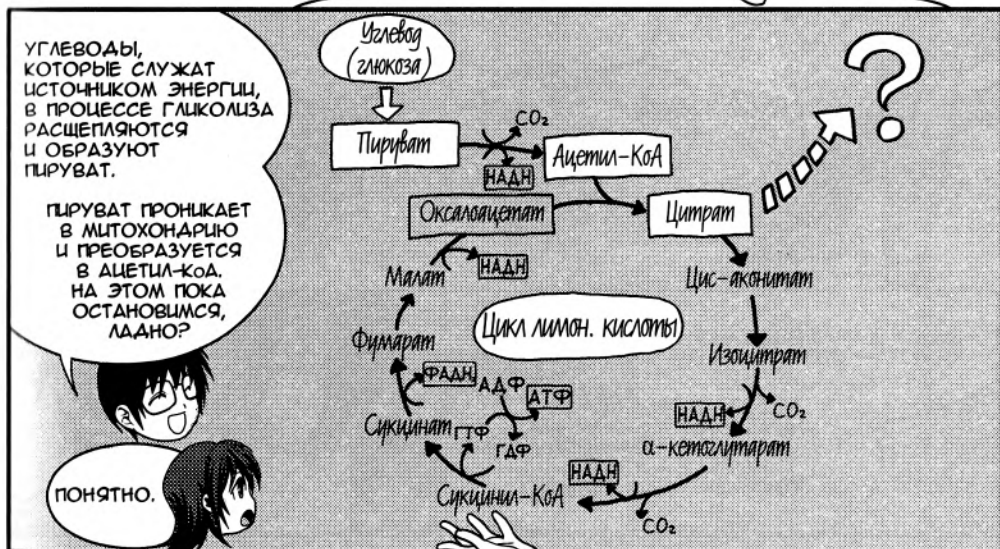
Непосредственное
накопление

Жир

ИЗБЫТОК
УГЛЕВОДОВ

...ПРЕВРАЩАЕТСЯ
В ЖИР!

М-М...
ДОЛЖНО БЫТЬ, ТЫ ПРАВ.
ВОТ И В ЖУРНАЛЕ
РЕКОМЕНДУЮТ
ОГРАНИЧИТЬ ПОТРЕБЛЕНИЕ
УГЛЕВОДОВ.



ПРИ ИЗБЫТКЕ УГЛЕВОДОВ
В ОРГАНИЗМЕ
ЦИТРАТ ВЫВОДИТСЯ
В ЦИТОПЛАЗМУ,
СНОВА РАСЩЕПЛЯЕТСЯ,
ОБРАЗУЮ АЦЕТИЛ-КОА,
И ФОРМИРУЕТ ВЕЩЕСТВО
ПОД НАЗВАНИЕМ
МАЛОНИЛ-КОА.

Цитоплазма

Глюкоза

Пириват

Пальмитиновая
кислота

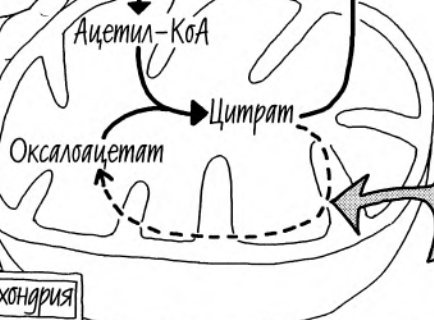
Малонил-КоА

Ацетил-КоА

ПОСКОЛЬКУ В ПРОЦЕССЕ
ГЛИКОЛИЗА ВСЁ ЕЩЁ
ОБРАБАТЫВАЮТСЯ УГЛЕВОДЫ,
ТО МАЛОНИЛ-КОА, АЦЕТИЛ-КОА
И ПАЛЬМИТИНОВАЯ КИСЛОТА
ПРОДОЛЖАЮТ НАКАПЛИВАТЬСЯ.
ТАК?

★ УВЕЛИЧЕНИЕ

У-и-и...



ЦИТРАТ
НЕ ВСТУПАЕТ
В ЦИКЛ ЛИМОННОЙ
КИСЛОТЫ!

ВЕРНО! А ПАЛЬМИТИНОВАЯ
КИСЛОТА - ЭТО ЖИРНАЯ КИСЛОТА!

ЕСЛИ В ОРГАНИЗМЕ
ОБРАЗУЕТСЯ МАЛОНИЛ-КОА,
ОН В КОНЕЧНОМ СЧЁТЕ
НЕПОСРЕДСТВЕННО
ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ЖИРНУЮ
КИСЛОТУ.

Ой!..

СЛЕДУЕТ СТРОГО
КОНТРОЛИРОВАТЬ
ПОТРЕБЛЕНИЕ СТОЛОВОГО
САХАРА (САХАРОЗЫ).



САХАРОЗА СТИМУЛИРУЕТ
СИНТЕЗ ЖИРНЫХ КИСЛОТ
В ПЕЧЕНИ.
ЭТО ОДНА ИЗ ОСНОВНЫХ
ПРИЧИН ОЖИРЕНИЯ.



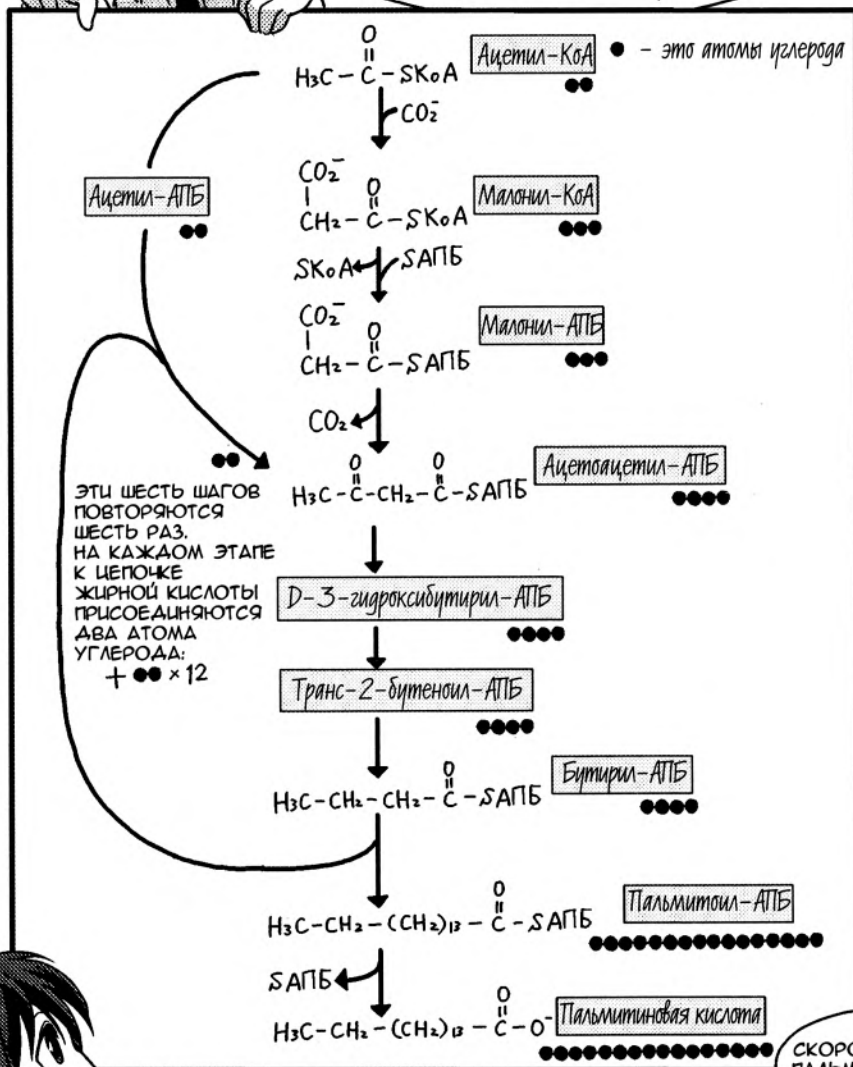
Горе мне!
Обычный сахар - мой
лютый враг!



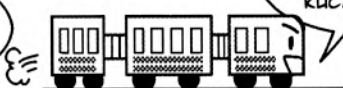


ТЕПЕРЬ ВЕРНЁМСЯ
К ПРОЙДЕННОМУ И УКРУПНИМ
ОДИН ИЗ ФРАГМЕНТОВ
ПРЕДЫДУЩЕЙ СТРАНИЦЫ.
ПАЛЬМИТИНОВАЯ КИСЛОТА
СИНТЕЗИРУЕТСЯ ИЗ МАЛОНИЛ-КоА
В РЕЗУЛЬТАТЕ НЕСКОЛЬКИХ
ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ.
ВЗГЛЯНЕМ НА СХЕМУ!

★ УВЕЛИЧЕНИЕ



ТАКИМ ОБРАЗОМ, ПРИ
ФОРМИРОВАНИИ МАЛОНИЛ-КоА*
ЭТОТ ЦИКЛ ПРОДОЛЖАЕТСЯ
ДО МОМЕНТА ОБРАЗОВАНИЯ
ЖИРНОЙ КИСЛОТЫ.



СКОРО Я СТАНУ
ПАЛЬМИТИНОВОЙ
КИСЛОТОЙ!

* СИНТЕЗ МАЛОНИЛ-КоА - ЭТО РЕАКЦИЯ, ОГРАНИЧИВАЮЩАЯ СКОРОСТЬ СИНТЕЗА ЖИРНЫХ КИСЛОТ. ДРУГИМИ СЛОВАМИ, ФОРМИРОВАНИЕ НОВЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ЗАВИСИТ ОТ ТОГО, НАСКОЛЬКО БЫСТРО ОБРАЗУЕТСЯ МАЛОНИЛ-КоА ИЗ АЦЕТИЛ-КоА.

КОГДА ЖИР ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ



Ну хорошо, как появляется жир, я поняла. Теперь понять бы, как избавиться от того жира, который образуется в клетках моего тела!



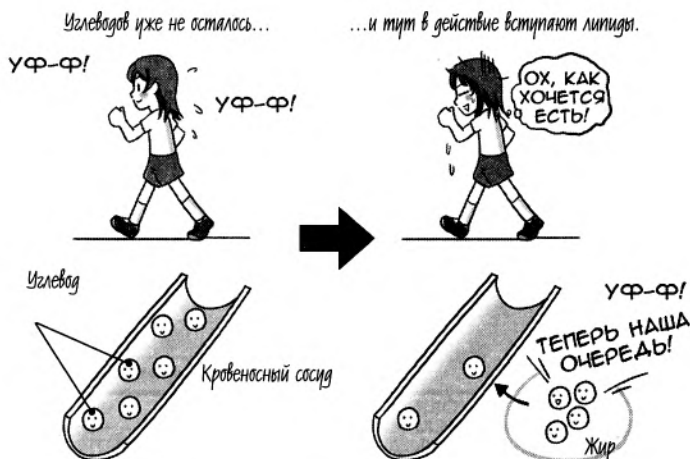
Чтобы сбросить вес, достаточно в разумных пределах расходовать жир, накопленный в организме.

Для этого важно запомнить об одном: когда у нас в наличии и углеводы, и липиды, то углеводы будут первыми использоваться в качестве источника энергии.

Если ты ешь много продуктов, богатых углеводами и липидами, уровень сахара в крови повышается. И в то время как углеводы начинают участвовать в производстве энергии, липиды откладываются в жировой ткани.



Когда же углеводы израсходовались и уровень сахара снизился, накопленные липиды начинают постепенно метаболизироваться. Ты уже чувствуешь острый голод, в животе бурчит – на этом этапе активно расходуются липиды.





Да-а, придётся мне изрядно потренироваться, чтобы сжечь лишние килограммы...

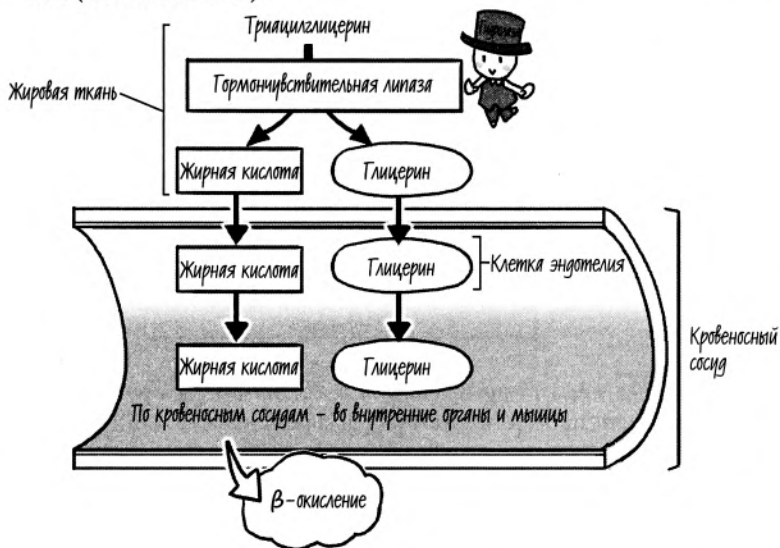


Теперь поговорим о том, как метаболизируется жир.

Прежде всего, жир, откладывающийся в жировой ткани – триацилглицерин, – расщепляется на жирную кислоту и глицерин с помощью фермента под названием гидролаза. *Гидролаза* – это гормончувствительная липаза. Заметим, что она отличается от липопротеинлипазы, о которой шла речь на стр. 112.



Жирная кислота поступает в кровь, а оттуда – в различные органы и мышцы. Там она вступает в химическую реакцию, называемую β -окисление (бета-окисление).

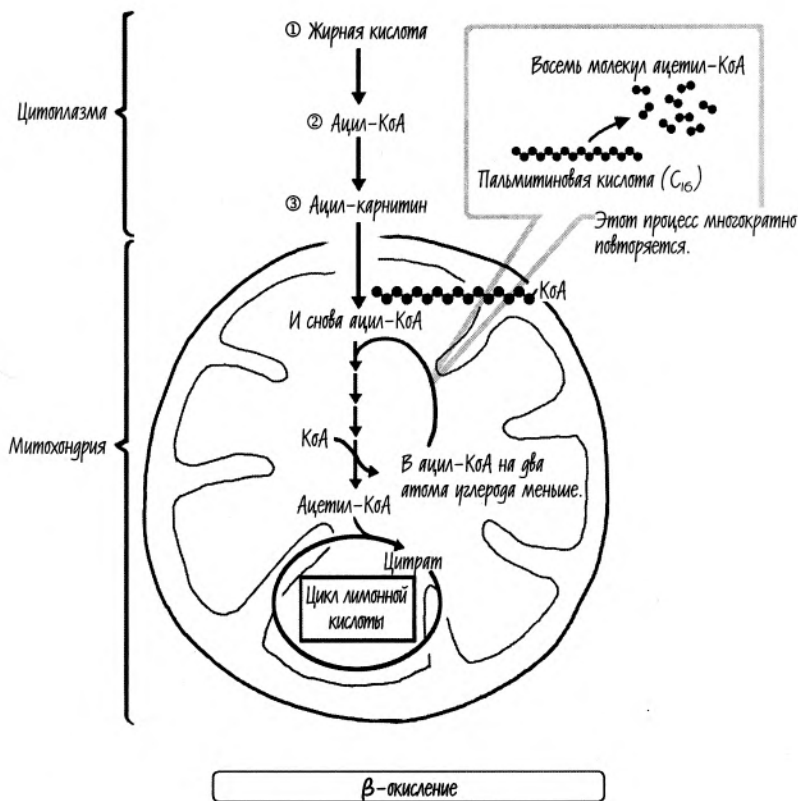




Что такое β -окисление?..



Не беспокойся, мы ещё к этому вернёмся. Посмотри на схему.



Жирная кислота превращается в ацетил-КоА в процессе β -окисления. Помнишь, про ацетил-КоА уже шла речь (см. стр. 115)?



А-а... это то самое вещество, которое появляется на первом этапе цикла лимонной кислоты?



Ты всё правильно поняла!

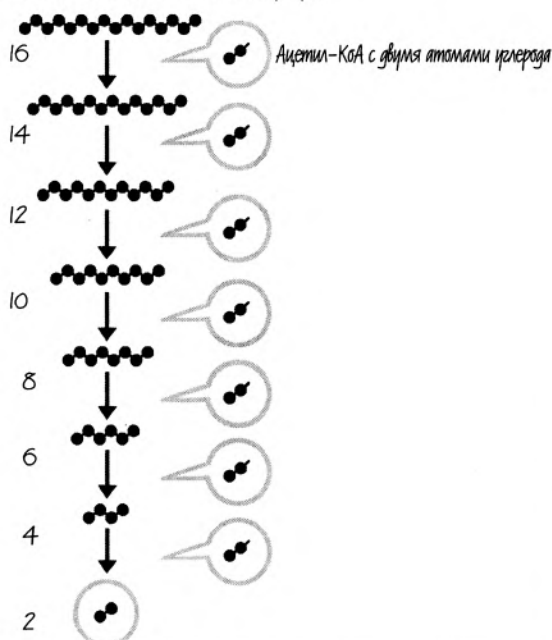
Прежде всего, жирная кислота активируется путём присоединения КоА. Это соединение жирной кислоты и КоА называется ацил-КоА. Затем к нему присоединяется карнитин и образуется ацил-карнитин, который транспортируется в клетку. Там он проникает в митохондрию и расщепляется на ацетил-КоА.

Жирные кислоты представляют собой длинные углеводные цепи (от 10 атомов углерода и более), но в молекуле ацетил-КоА только два атома углерода.

В процессе β -окисления жирная кислота расщепляется, в результате чего каждый раз отсоединяется одна молекула ацетил-КоА (содержащая два атома углерода). β -окисление (бета-окисление) называется так потому, что КоА присоединяется к предпоследнему атому углерода жирной кислоты (β -углероду).

В конечном счёте все атомы углерода жирной кислоты оказываются в составе ацетил-КоА. На рисунке ниже представлен процесс β -окисления пальмитиновой кислоты, в которую входят 16 атомов углерода.

Пальмитиновая кислота с 16 атомами углерода





Цикл β -окисления повторяется семь раз, в результате чего образуются восемь молекул ацетил-КоА!



Да, и поскольку они уже находятся в митохондрии, они могут сразу же вступить в цикл лимонной кислоты для выработки АТФ.



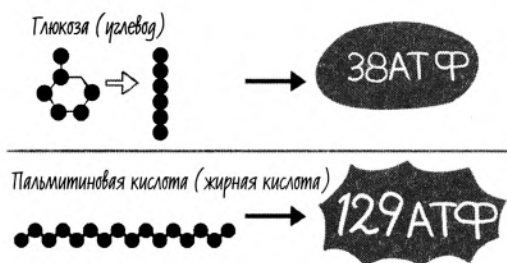
Значит, когда ты садишься на диету и голодаешь, жирные кислоты в твоём организме расщепляются. Отлично!..



Я уже рассказывал, как на основе малонил-КоА образуется пальмитиновая кислота в ходе синтеза жирных кислот. Когда пальмитиновая кислота расщепляется, то в результате цикла Кребса и электрон-транспортной цепи образуется 129 молекул АТФ.



Подожди... Если я всё правильно помню, из одной молекулы глюкозы получалось не больше 38 молекул АТФ? Мне кажется, 129 – это как-то многовато...



И тем не менее это так. Жирные кислоты очень богаты энергией.



Вот почему нужно потратить так много энергии, чтобы все их “сжечь”! Да-а, диета с точки зрения биохимии – тяжёлый труд...

?

№2

ПОЧЕМУ ПРИ ПЕРЕЕДАНИИ ЧЕЛОВЕК ПОЛНЕЕТ?

- ⊗ Если энергии потребляется много, а расходуется мало, то избыток откладывается в виде жира.
- ⊗ В основном жир образуется двумя способами. В первом случае потребляемые липиды (то есть триацилглицерин) непосредственно накапливаются в организме. Во втором случае углеводы преобразуются в жир.
- ⊗ Жир – мощный источник энергии.



3. ЧТО ТАКОЕ ГРУППА КРОВИ?

ГРУППА КРОВИ



Третий вопрос состоял в том, что такое группа крови. Интересная тема!



Классификация по типам крови интересна не только тем, кто увлекается наукой. Не случайно в Японии даже предсказывают судьбу по типу крови!

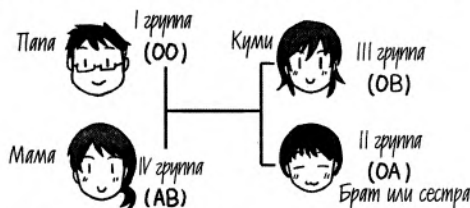


Вот-вот! Говорят, что люди со II группой крови (тип A) спокойные, уравновешенные, серьёзные. А вот у меня III группа (тип B). Я, напротив, стремлюсь к оригинальности, люблю всё делать по-своему!

У моего отца I группа (тип O). Это сильная группа, требующая много энергии. А у мамы IV группа – тип AB. Считается, что такие люди очень чувствительны, легко поддаются переменам настроения.



Хм-м, твой случай весьма показателен! У родителей с I и IV группами крови рождаются дети со II или III группой, но только не I и не IV. Если бы у тебя были братья или сёстры, у них была бы II или III группа крови.



Занятно. Если бы у меня появился братик со II группой крови, то в нашей семье были бы представители всех четырёх типов.

Получается очень странно: у близких родственников разные группы крови, зато встречаются люди, не связанные с нами узами родства, но с той же группой крови, что и у нас!

Что же представляет собой эта самая группа крови?



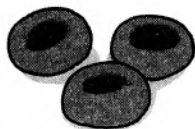
ЧЕМ ОБУСЛОВЛЕНА ТА ИЛИ ИНАЯ ГРУППА КРОВИ?



Куми, тебе ведь в школе наверняка рассказывали о красных кровяных тельцах – эритроцитах?



Конечно! Именно они придают крови красный цвет. А выглядят они примерно так:



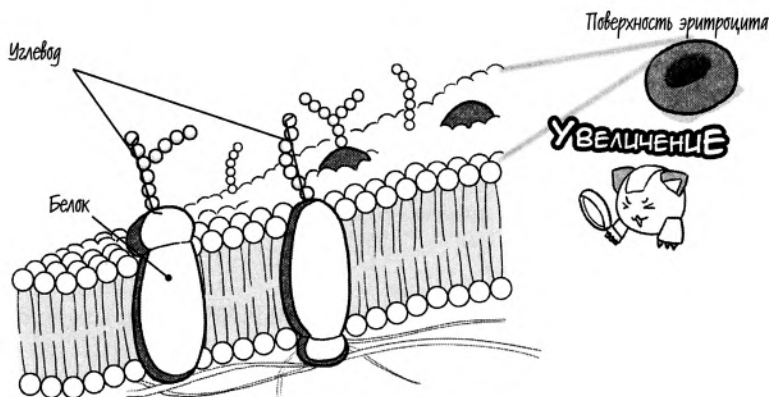
Отлично. Так вот, группа крови определяется типом молекул углеводов на поверхности красных кровяных телец. Кстати, и на поверхности многих других клеток тоже имеется так называемый *гликокаликсный слой*, состоящий из углеводов.



Что-о? Опять углеводы? Впрочем, это слово вызывает у меня приятные ассоциации...

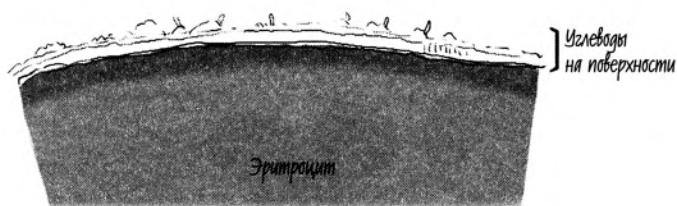


Помнишь, мы говорили о липидном бислое клеточной мембраны? Белки присутствуют в разных частях этого бислоя, а молекулы углеводов, как правило, скапливаются на внешней поверхности. В своей совокупности они формируют гликокаликсное покрытие клетки.





Вот забавно-то! Они выглядят как какие-то причудливые подводные существа. Или крошечные подушечки. Подумать только – это клетки, из которых состоит наша кровь!..



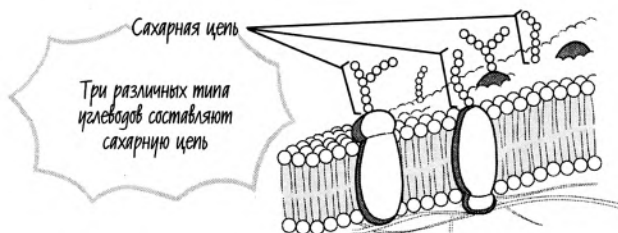
Ну да. На самом деле на поверхности красных кровяных телец (эритроцитов) присутствует более 100 антигенов, которые влияют на группу крови, поэтому в своё время были разработаны самые разные классификации по группам. Но наибольшую известность получила система АВ0, предложенная в 1900 году австрийским иммунологом Карлом Ландштейнером.



И эту систему мы сейчас использовали, выделяя типы А, В, АВ и 0?



Именно! Классификация по системе АВ0 основана на трёх типах молекул углеводов, собирающихся на поверхности красных кровяных телец. У каждого из этих типов имеется так называемая *сахарная цепь*, состоящая из нескольких моносахаридов, соединённых друг с другом.

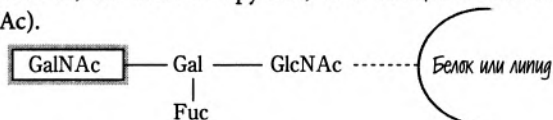


Надо же! Три типа маленьких красных подушечек!

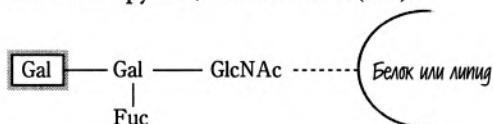


Если посмотреть на левую часть приведённых ниже схем, то мы увидим, что на конце сахарной цепочки находятся разные вещества.

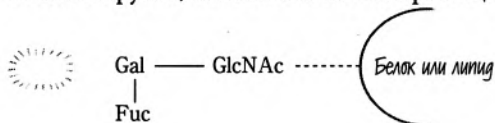
Для типа А, то есть II группы, это N-ацетилгалактозамин (GalNAc).



Для типа В, то есть III группы, это галактоза (Gal).



А в типе 0, то есть I группе, конечное звено сахарной цепи отсутствует!



Виды углеводов

GalNAc	N-ацетилгалактозамин
Gal	Галактоза
Fuc	Фукоза
GlcNAc	N-ацетилглюкозамин



Ага-а, так вот в чём разница между этими тремя типами!



Ну да! А вот у людей с IV группой крови (тип АВ) встречаются углеводные цепи типов А и В.



Значит, только в этом всё и дело – в «хвосте» сахарной цепи?..



Хорошо, но почему у одного человека формируются сахарные цепи типа А, а у другого – типа В? Чем это вызвано?



На самом деле за группу крови отвечает определённый ген, а точнее, фермент, который образуется под его влиянием (к этому мы вернёмся чуть позже: на стр. 169 приводится более подробная информация).



Та-ак, снова ферменты! Мы уже о них говорили в связи с жиром, а теперь выходит, что от них и группа крови зависит? Я прихожу к выводу, что ферменты – очень важные вещества.



Несомненно. Мы о них ещё многое раз узнаем у профессора.



Ура! Послушай, а характеры людей, их индивидуальность действительно как-то зависят от группы крови? Хотелось бы знать, можно ли предсказывать судьбу по группе крови или это всё обман?



Хороший вопрос!.. Конечно, можно было бы с осторожностью предположить, что ген, определяющий группу крови, каким-то образом воздействует и на нервные клетки. Но, строго говоря, это всего лишь домыслы. И утверждение о том, что группа крови влияет на тип личности, по меньшей мере ненаучно!



Уф-ф, какое облегчение! Мне было бы крайне обидно узнать, что всё, что отличает меня от других, – это какая-то жалкая кучка сахарных цепей.



Я не слишком-то верю в предсказания. Но одно могу сказать с полной уверенностью: второй такой, как ты, Куми, нет во всём мире...

? №3

ЧТО ТАКОЕ ГРУППА КРОВИ?

- ⊙ Существует система АВ0, в которой выделяются четыре группы крови.
- ⊙ Классификация АВ0 основана на различиях структуры сахарных цепей на поверхности красных кровяных телец.
- ⊙ Наукой не доказано, что эта разница в строении сахарных цепей влияет на характер и судьбу человека. Не верьте гадалкам!



4. ПОЧЕМУ ПО МЕРЕ СОЗРЕВАНИЯ ФРУКТЫ СТАНОВЯТСЯ СЛАЩЕ?

КАКИЕ ТИПЫ САХАРОВ ПРИСУТСТВУЮТ ВО ФРУКТАХ?



Итак, переходим к четвёртому вопросу. Почему спелые фрукты слаще, чем незрелые?

Кстати, мы как раз недавно покупали свежие груши. Спелые, сладкие, сочные!



Действительно, многие фрукты и ягоды по мере созревания становятся вкуснее: мандарины, апельсины, виноград, дыни, арбузы...



Точно. Неспелые мандарины кисловаты на вкус, но спелые – просто объедение! А дыня, которую ты недавно принёс, – это и вовсе фантастика...



Теперь посмотрим, что такое “спелость” с точки зрения биохимии. Спелый фрукт, безусловно, слаще, но почему?

Дело в том, что во фруктах и ягодах в большом количестве содержатся три вида сахаров: сахароза (столовый сахар), фруктоза (фруктовый сахар) и глюкоза (виноградный сахар*).



Ого! А я думала, во всех фруктах сахар один и тот же.

* Это условное название: виноградный сахар встречается во многих фруктах и ягодах помимо винограда.



МОНОСАХАРИДЫ, ОЛИГОСАХАРИДЫ И ПОЛИСАХАРИДЫ



Мы уже отмечали, что структура молекул сахарозы, глюкозы и фруктозы различается (см. стр. 63).



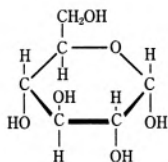
Да! Видов сахаров не так уж мало. И все из них приятны на вкус! Обожаю!..



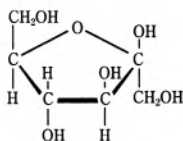
Настало время пояснить разницу между некоторыми углеводами. Базовый элемент углеводов – *моносахарид*, который содержит не менее трёх атомов углерода, связанных друг с другом.

Глюкоза и фруктоза представляют собой моносахариды, которые содержат шесть атомов углерода. Если к ним присоединяется ещё несколько моносахаридов, они превращаются в *олигосахариды*.

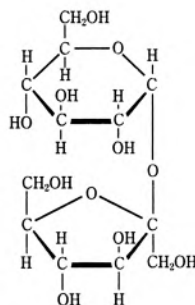
Сахароза представляет собой *дисахарид*, то есть олигосахарид, сформированный путём связывания двух моносахаридов. Представим всё вышеизложенное на схемах:



Глюкоза



Фруктоза



Сахароза



Ага-а! Так значит, молекула сахарозы – это результат объединения одной молекулы глюкозы и одной молекулы фруктозы!



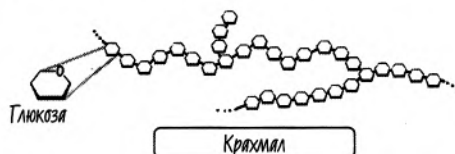
Да! Существуют и углеводы, образованные путём соединения многих моносакхаридов. Иногда в результате получаются очень сложные молекулы или структуры с многочисленными ответвлениями. Такие вещества называют *полисахаридами*. Самые распространённые из них наверняка тебе известны...



Гм... Помнится, мы говорили о том, что картофель и рис богаты углеводами. Крахмал – это ведь полисахарид, так?



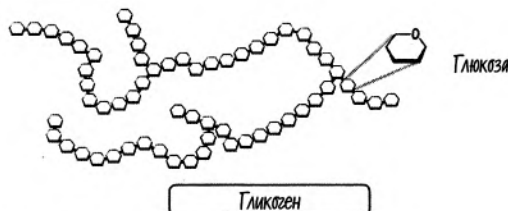
В самую точку! *Крахмал* состоит из многих моносакхаридов глюкозы, соединённых друг с другом. Именно в этой форме глюкоза, образованная в процессе фотосинтеза, сохраняется в растениях.



В организме животных и человека тоже содержатся запасы вещества, похожего с крахмалом. Называется оно *гликоген*. Гликоген образуется преимущественно в печени или мышцах путём соединения нескольких молекул глюкозы, которая пока что не расходуется и откладывается «в резерв».



Да-да... ты уже говорил о гликогене, но только теперь я начинаю понимать, зачем он нужен.



К числу других полисахаридов относятся целлюлоза и хитин. *Целлюлоза* – основной компонент в стенках клеток растений. Из *хитина* преимущественно состоят панцири ракообразных, в частности креветок и крабов. Кроме того, он присутствует и в грибах.



КАКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИСХОДЯТ, КОГДА ПОСПЕВАЮТ ФРУКТЫ



А теперь вернёмся к фруктам. Спелые мандарины и дыни намного слаще, чем молодые, незрелые. Но почему?

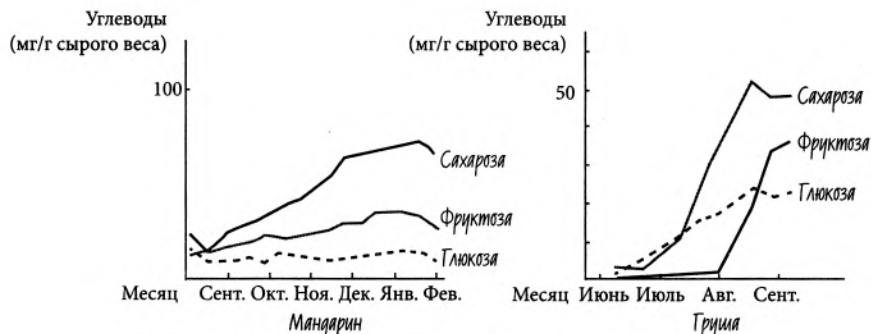


Ну-у... помню, как-то раз я покупала в супермаркете клубнику и мандарины и увидела на упаковках надпись: «Содержание сахара 11–12%». Наверное, когда фрукт или ягода созревает, количество сахара увеличивается. Или, если говорить в терминах биохимии, возрастает процент сахаридов.



Именно! Обсудим эту тему подробнее.

Ниже приведены два графика. Незрелые цитрусовые, такие как мандарины, содержат глюкозу, фруктозу и сахарозу примерно в одинаковом объёме. Но по мере созревания плодов относительная доля сахарозы существенно возрастает. В случае с грушами такой рост отмечается у всех трёх типов углеводов.



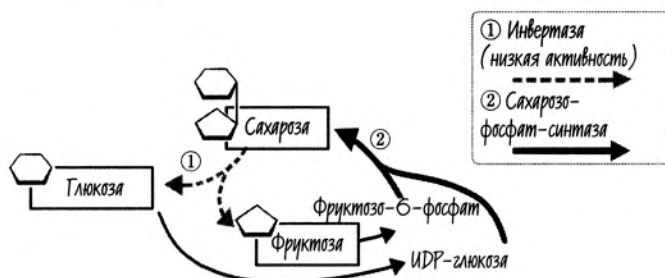
Источник: Сабуро Ито (ред.). О фруктах с точки зрения науки. Изд-во Асакура, 1991 г.



В процессе созревания фруктов полисахариды, например крахмал, расщепляются на моносахариды, такие как глюкоза. При этом активность *сахарозо-фосфат-синтазы* – фермента, синтезирующего сахарозу во фруктах, – растёт, а активность *инвертазы*, расщепляющей сахарозу, снижается.



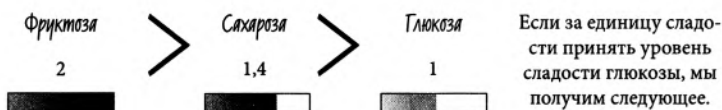
М-м... значит, сахарозо-фосфат-синтаза обеспечивает процесс образования сахарозы путём объединения глюкозы и фруктозы.



Значит, фрукт становится слаще постольку, поскольку количество сахарозы в нём возрастает?



На самом деле и у глюкозы, и у фруктозы, и у сахарозы сладкий вкус. Причём самая сладкая из них фруктоза. Затем следуют сахароза и глюкоза.



Ой!



По мере того как во фрукте возрастает содержание фруктозы или сахарозы, он становится спелее и слаще. Вот почему цитрусовые лучше собирать зимой: в это время в них больше сахарозы. Интересно, что у груш уровень содержания сахаров повышается очень резко: в определённый момент их созревания количество фруктозы и сахарозы заметно возрастает в результате расщепления полисахаридов.

Вкус дыни, так же как и цитрусовых, определяется в основном содержанием сахарозы. Самые сладкие дыни – те, в которых сахарозы больше.



На схемах на предыдущей странице показано, в какой период уровень фруктозы и сахарозы во фруктах выше всего – и, следовательно, когда их лучше собирать.

? №4

ПОЧЕМУ ФРУКТЫ СТАНОВЯТСЯ СЛАДКИМИ?

- ⊗ Фрукты содержат три вида сладких углеводов: сахарозу, фруктозу и глюкозу.
- ⊗ По мере созревания фруктов становятся активными ферменты, под влиянием которых возрастает количество этих углеводов.
- ⊗ Фруктоза и сахароза слаще глюкозы. Фрукты и ягоды будут тем слаще, чем больше в них этих веществ.

ТАЙНА
РАСКРЫТА!



ИТАК, БЛАГОДАРЯ
ФРУКТОЗЕ И САХАРОЗЕ
ФРУКТЫ ТАК ПРИЯТНЫ
НА ВКУС*.

Фруктоза

Сахароза

НУ ЕЩЁ БЫ!
ЧЕМ СЛАЩЕ, ТЕМ ЛУЧШЕ!
М-М!..



ТЕПЕРЬ Я ПОНЯЛА, ПОЧЕМУ
ФРУКТЫ ТАКИЕ СЛАДКИЕ,
И ПОЭТОМУ... БУДУ ЛЮБИТЬ
ИХ ЕЩЁ БОЛЬШЕ!

НЯМ-М!



БЛЕСТЯЩИЙ ВЫВОД!



* КИСЛЫЙ ИЛИ СЛАДКИЙ ВКУС ФРУКТОВ ЗАВИСИТ И ОТ НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ КОМПОНЕНТОВ, В ЧАСТНОСТИ СОРБИТОЛА, КСИЛОЗЫ И ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ.

5. ПОЧЕМУ РИСОВЫЕ ЛЕПЁШКИ МОТИ УПРУГИЕ?

ОСОБЕННОСТИ РИСА ДЛЯ ЛЕПЁШЕК МОТИ



Мы подошли к последнему вопросу: почему мои любимые лепёшки моти такие упругие? Эта тема меня очень интересует.



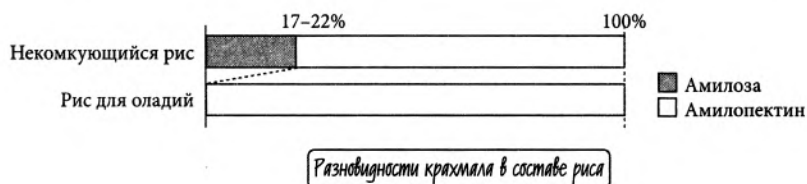
Давай вспомним, как готовятся моти. Для них нужен специальный рис, который, в отличие от обычного, должен хорошо слипаться...



Знаю-знаю! У меня большой опыт приготовления таких лепёшек. Однажды я даже участвовала в кулинарном конкурсе! Но почему рис для моти такой особенный?..



Свойства риса зависят от вида крахмала, который в нём содержится. Рис на 75% состоит из крахмала. Поэтому даже небольшие изменения в структуре крахмала не пройдут бесследно. На рисунке ниже показано, что в состав обычного риса, который не слипается при варке, входят две разновидности крахмала: амилоза и амилопектин. Доля амилозы составляет 17–22%, всё остальное – это амилопектин.



А вот рис для моти содержит только амилопектин!

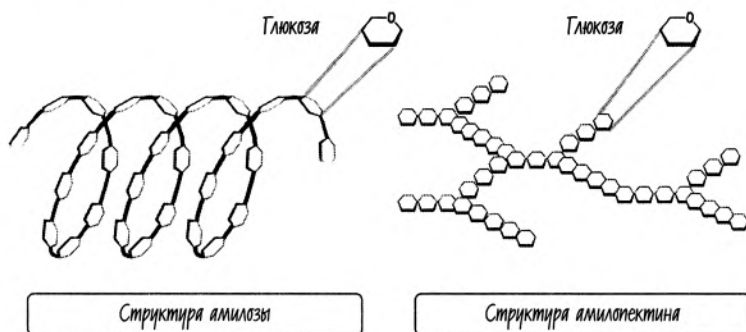


Очень впечатляющая схема. Только что она означает?



Подожди чуть-чуть, сейчас всё прояснится!

Итак, амилоза и амилопектин состоят из соединённых друг с другом молекул глюкозы, образующих полисахариды.



Другими словами, формы разные, а материал один и тот же!



Ну да. Единственное отличие состоит в способе связи молекул глюкозы. Итак, секрет упругости оладий на самом деле кроется в разных типах соединения моносахаридов, образующих полисахариды и олигосахариды. Это, конечно, довольно прозаическое объяснение, но всё равно очень интересное.



Так-так! Оладушки получаются упругими в зависимости от того, как соединяются молекулы глюкозы!



РАЗНИЦА МЕЖДУ АМИЛОЗОЙ И АМИЛОПЕКТИНОМ



Итак, разница между этими двумя видами крахмала состоит в способе соединения молекул глюкозы. Говоря точнее, у амилозы структура линейная, а у амилопектина – разветвлённая...

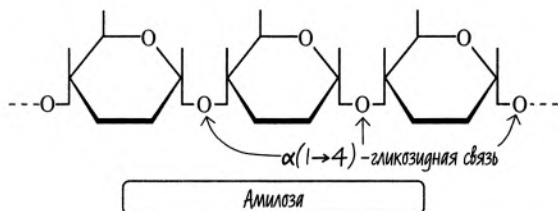


Линейная... Разветвлённая... Что бы это значило? Давай-ка поконкретнее! Амилоза образуется, когда молекулы глюкозы формируют длинную цепь.

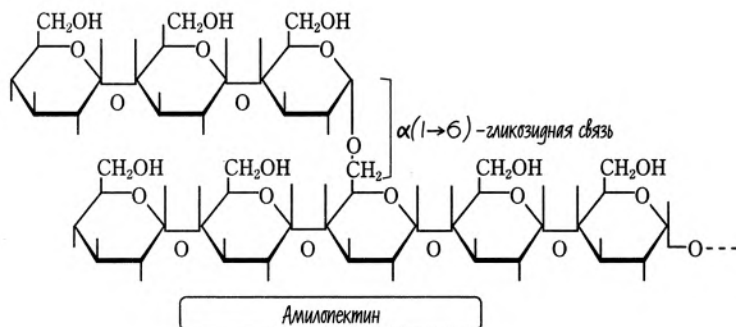


Этот способ называется $\alpha(1\rightarrow4)$ -гликозидная связь.

Ага, вижу: молекулы глюкозы выстроились в ряд. Что ж, вполне логично...



А вот в амилопектине дело обстоит сложнее. Молекулы глюкозы соединены $\alpha(1\rightarrow6)$ -гликозидной связью, а выглядит это так:





Понятно. При такой связи молекулы соединяются и по вертикали! Вот почему амилопектин может растягиваться в разных направлениях.



Да, Куми. Разветвлённая структура амилопектина обусловлена двумя типами связей. Амилоза в этом плане гораздо проще.



Только и всего! Я думала, это будет сложная тема.



Если от укрупнённого плана перейти к общему, то амилопектин и амилоза будут выглядеть так, как показано ниже. У амилопектина видны характерные «веточки».

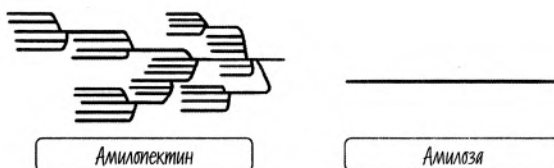


Рис для моти, состоящий преимущественно из амилопектина, при варке слипается, поскольку «ветви» пересекаются друг с другом. Такой рис легко комкуется, и его удобно формировать.



Разветвлённый крахмал – более эластичный, и рисовые лепёшки получаются упругими и хорошо тянутся!



Кстати, даже обычный рис может различаться по степени комкования в зависимости от того, сколько в нём амилозы.



ЧТО ОЗНАЧАЮТ ЦИФРЫ В СОЧЕТАНИЯХ $\alpha(1 \rightarrow 4)$ И $\alpha(1 \rightarrow 6)$?



Ну а теперь вернёмся к пройденному и попробуем установить, что означают цифры в сочетаниях $\alpha(1 \rightarrow 4)$ и $\alpha(1 \rightarrow 6)$.



Кхм... Вообще-то у меня возник такой вопрос, но я постеснялась его задать...



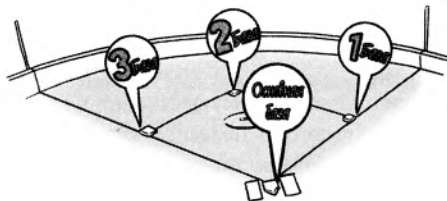
Не подумай, что я отвлекаюсь от темы, но... ты бейсбол любишь?



В общем-то да. Папа у меня большой любитель этого спорта. Но и я сама частенько смотрю бейсбольные соревнования по телевизору.



Поскольку базы на поле пронумерованы, гораздо проще понять, что происходит в игре, правда?



Если бы нумерации не было, нам было бы сложнее уследить за игрой. Например, про третью базу мы бы говорили: «Это та, что слева от кэтчера». Я уж молчу про то, как бы мы называли «тройную игру» – трипл плей...



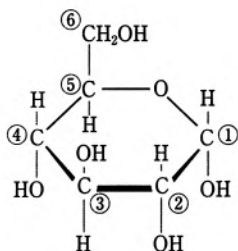
Да-а... это серьёзно осложнило бы жизнь спортивным комментаторам. Так вот, глюкоза и фруктоза у нас имеют по шесть атомов углерода.



И все эти атомы для удобства пронумерованы, как базы в бейсболе!



Посмотрим, как пронумерованы атомы углерода (C) на рисунке. Здесь представлена циклическая форма глюкозы.

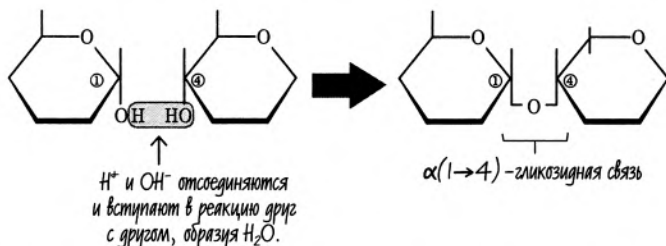


Ага-а, ясноенько!

Цифры в гликозидных связях $\alpha(1\rightarrow4)$ и $\alpha(1\rightarrow6)$ – это номера атомов углерода!



Совершенно верно. Связь $\alpha(1\rightarrow4)$ означает, что первый атом углерода одной молекулы глюкозы соединяется с четвёртым атомом другой молекулы посредством гликозидной связи*.



В таком случае $\alpha(1\rightarrow6)$ -гликозидная связь означает, что первый атом углерода одной молекулы глюкозы присоединяется к шестому атому второй молекулы...

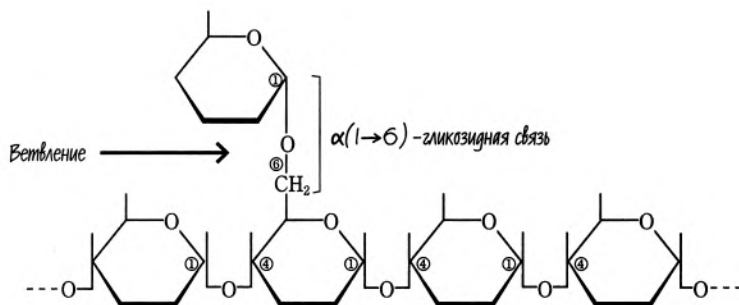


Да, но когда соединяются углеродные атомы в первой и шестой позициях, молекулы глюкозы не могут находиться бок о бок по прямой линии.

* В этом разделе молекулы глюкозы представлены в упрощённом виде, чтобы нам было легче сосредоточить внимание на интересующих нас связях.



Они соединяются так, как показано на схеме: по вертикали.



На этом этапе появляются «ветви», и рис, а вместе с ним и лепёшки, приобретают свойство упругости! Ур-ра! Мы дошли до самой сути!



Кстати, есть и ещё один тип связи, соединяющей атомы углерода в молекулах глюкозы, – так называемая $\beta(1 \rightarrow 4)$ -гликозидная связь.



В чём же отличие «беты» от «альфы»?



«Бета» – это уже не крахмал! Соединение молекул глюкозы посредством $\beta(1 \rightarrow 4)$ -гликозидной связи приводит к образованию полисахарида – целлюлозы. Из неё, как ты помнишь, формируются стенки клеток растений. Кроме того, целлюлоза – одна из разновидностей *пищевой клетчатки*.



Да-да-да! Я читала про пищевую клетчатку в последнем выпуске «Вестника диетологии». Она с трудом усваивается, поэтому практически целиком выводится из организма... Хи-хи!



Всё верно. Но пищевая клетчатка включает и вещества, которые легко растворяются в воде, в частности гемицеллюлозу и пектин. Вот они-то как раз усваиваются без проблем.



Занятно! Они тоже служат для нас источниками энергии?



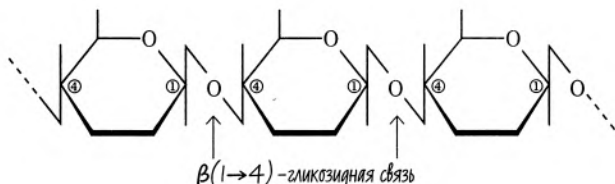
А как же! Но вернёмся к целлюлозе. В слюне человека содержится фермент под названием α -амилаза, который расщепляет крахмалы, например в составе того же риса. Но на целлюлозу α -амилаза так не действует.



Почему же?



Рассмотрим $\beta(1\rightarrow4)$ -гликозидную связь, показанную на рисунке.



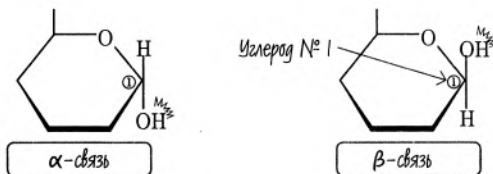
Части молекул как-то необычно соединяются друг с другом... Эта связь похожа по форме на букву N.



Отличие $\beta(1\rightarrow4)$ -гликозидной связи от $\alpha(1\rightarrow4)$ -гликозидной связи состоит в том, что атом водорода (H) и гидроксильная группа (OH) перевернуты относительно атома углерода. В итоге конфигурация этой связи напоминает букву N, а не U, как в случае $\alpha(1\rightarrow4)$ -гликозидной связи.



Не в обиду β -связи, уж больно она мудрёная!



Греческие буквы α и β означают позицию гидроксильной группы (OH) относительно первого атома углерода. Если OH находится внизу (см. левую часть рисунка, представленного выше), это тип α . Если вверху (см. правую часть рисунка), это тип β .



Из-за этих различий в структуре α -амилаза, с лёгкостью расщепляющая $\alpha(1\rightarrow4)$ -гликозидные связи, не способна воздействовать на $\beta(1\rightarrow4)$ -гликозидные связи.

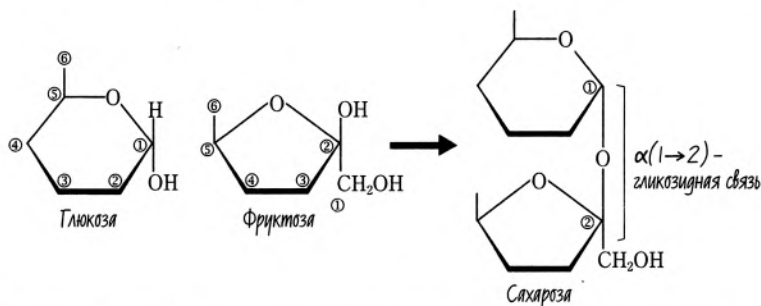


Понятно... В этой сложной связи, однако же, есть смысл!



Итак, целлюлоза, образованная при помощи $\beta(1\rightarrow4)$ -гликозидных связей, не расщепляется в процессе пищеварения. Поэтому как пищевая клетчатка она исключительно эффективна. Она стабилизирует работу пищеварительной системы.

Ну хорошо, пойдём дальше! Помнишь, мы говорили о сахарозе в составе фруктов? Мы выяснили, что сахароза образуется путём соединения молекул глюкозы и фруктозы. При этом 1-й атом углерода в молекуле глюкозы присоединяется ко 2-му атому в молекуле фруктозы (см. рисунок ниже).



Поняла! Стало быть, сахароза формируется посредством $\alpha(1\rightarrow2)$ -гликозидной связи?



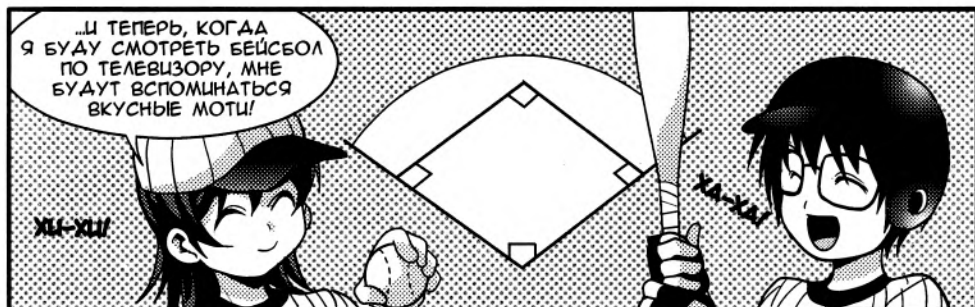
Да. Теперь, когда мы изучили способ соединения моносахаридов, тебе будет легче понять, почему вещества, которые образуются в результате, обладают теми или иными физическими характеристиками.

? №5

ПОЧЕМУ ЛЕПЁШКИ МОТИ УПРУГИЕ?

- ⊗ Секрет кроется в структуре крахмала, который содержится в рисе для моти.
- ⊗ В состав этого крахмала входит только амилопектин. Амилозы там нет.
- ⊗ Амилопектин – это разветвлённый полисахарид сложной структуры. Он образуется при посредстве так называемой $\alpha(1\rightarrow6)$ -гликозидной связи. Именно ею обусловлено свойство упругости.

И С ЭТИМ
МЫ
СПРАВИЛИСЬ!



НУ ЧТО Ж,
ВСЕ ЗАГАДКИ ПРОФЕССОРА
РАЗГАДАНЫ!

ДА!!!

У-У-У-УХ!

МЫ СЕГОДНЯ СЛАВНО
ПОЗНИЦАЛИСЬ.
И МНОГО УСПЕЛИ!

(И КАК ЖЕ ЗАОРОВО,
ЧТО МЫ СМОГЛИ
ПОБЫТЬ ВМЕСТЕ...)
ГМ... НАВЕРНОЕ, Я НЕ ТАК
ХОРОШО ОБЪЯСНЯЮ
МАТЕРИАЛ, КАК ПРОФЕССОР,
НО...

(БОРМОТАНИЕ)

А ВОТ И НЕПРАВДА!

СЕГОДНЯШНЕЕ
ЗАНЯТИЕ
ОКАЗАЛОСЬ ЛЁГКИМ
И В ТО ЖЕ ВРЕМЯ
ИНТЕРЕСНЫМ!

НА САМОМ ДЕЛЕ,
НЕМОТО, Я...

А?..

...Я СЧИТАЮ, ЧТО
В РОЛИ УЧИТЕЛЯ
ТЫ НЕПОДРАЖАЕМ!

ЗАМЛЕН

ほい

НУ ЧТО ТЫ...

НИЧЕГО
ОСОБЕННОГО...

маем

вотых

ИТАК, ПРИСТУПИМ
К ОТЧЁТУ
О ПРОДЕЛАННОЙ
РАБОТЕ!

чик

ЛАБОРАТОРИЯ
КУРОСАКИ

ИНТЕРЕСНО,
КАК ТАМ МОИ
ПОДОПЕЧНЫЕ...

НАДЕЮСЬ, НЕМОТО
НЕ УПУСТИТ СВОЙ ШАНС!
СУДЬБА НАЗНАЧИЛА ИМ
БЫТЬ...

...ВМЕСТЕ...



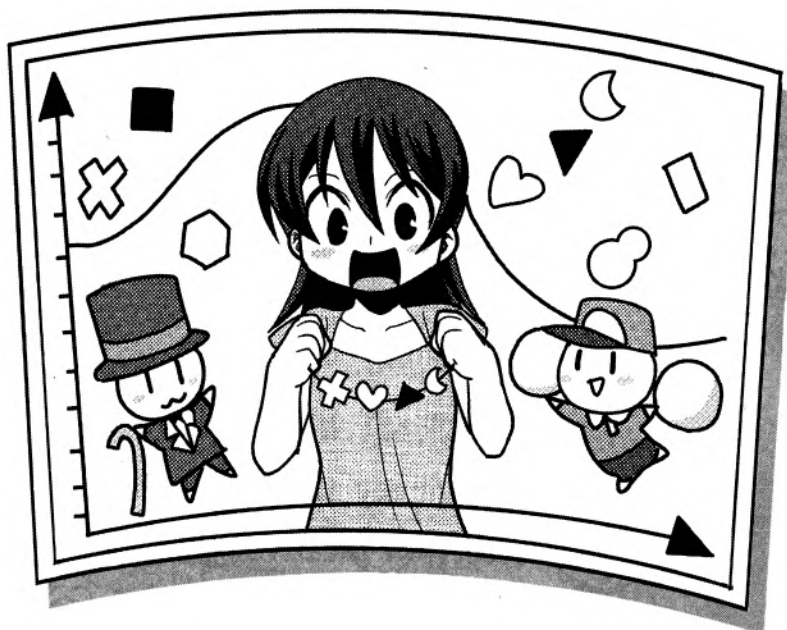
ВМЕСТЕ
НАВСЕГДА

И-хи-и!

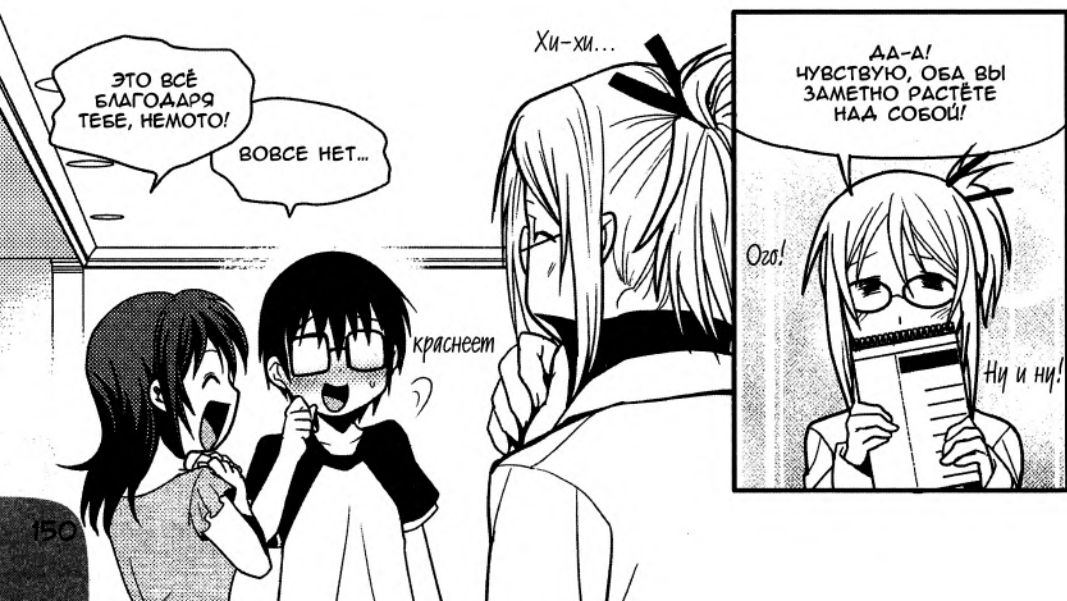
4

ФЕРМЕНТЫ - КЛЮЧИ К БИОХИМИЧЕСКИМ РЕАКЦИЯМ

.....



1. ФЕРМЕНТЫ И БЕЛКИ

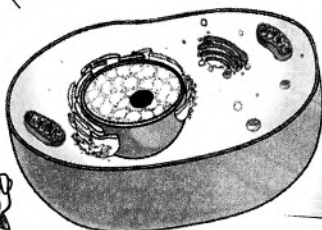


ПОМНИТЕ, НА САМОМ ПЕРВОМ УРОКЕ МЫ ГОВОРИЛИ О СИНТЕЗЕ БЕЛКОВ?

- ① Синтез белков
- ② Метаболизм
- ③ Производство энергии
- ④ Фотосинтез

АА!

БЕЛКИ ОЧЕНЬ ВАЖНЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНИ КЛЕТОК.



КАКУЮ РОЛЬ ИГРАЮТ БЕЛКИ В НАШЕМ ОРГАНИЗМЕ?



ПЕРЕЧИСЛИМ ЛИШЬ ОСНОВНЫЕ ИХ ФУНКЦИИ.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ БЕЛКОВ

- ① ФОРМИРОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЖИВЫХ ТКАНЕЙ.
- ② СТРУКТУРИРОВАНИЕ КЛЕТОК И КОНТРОЛЬ ИХ ДВИЖЕНИЯ.
- ③ СОЗДАНИЕ И ПОДДЕРЖКА МЕЖКЛЕТОЧНЫХ СТРУКТУР, ТАКИХ КАК КОЛЛАГЕН.
- ④ ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ МЕЖДУ КЛЕТКАМИ И ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ.
- ⑤ КАТАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ.
- ⑥ ЗАЩИТА ОРГАНИЗМА ОТ ПРОНИКНОВЕНИЯ ЧУЖДОРОДНЫХ ВЕЩЕСТВ.
- ⑦ ПЕРЕНОС РЯДА ВЕЩЕСТВ (В ТОМ ЧИСЛЕ КИСЛОРОДА, СВЯЗАННОГО С ГЕМОГЛОБИНОМ, - В ПРОЦЕССЕ КРОВООБРАЩЕНИЯ).

ПОЛУЧАЕТСЯ, ЧТО НАШИ КЛЕТКИ ОКАЗАЛИСЬ МЕСТОМ, В КОТОРОМ ПРОИСХОДИТ МНОЖЕСТВО ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ!

И ЭТО ТОЛЬКО САМОЕ ВАЖНОЕ. НО БЕЛКИ ВЫПОЛНЯЮТ И МАССУ ДРУГИХ ЗАДАЧ.

В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА СОДЕРЖИТСЯ ПО МЕНЬШЕЙ МЕРЕ 20 ТЫСЯЧ ТИПОВ БЕЛКОВ. А В ЦЕЛОМ ИХ КОЛИЧЕСТВО ДОСТИГАЕТ 200 ТЫСЯЧ!

ВОТ ЭТО АА!

АА ЭТО ЖЕ ЦЕЛАЯ ТУЧА БЕЛКОВ!!!

ЧТО ТАКОЕ ФЕРМЕНТ?

СЕЙЧАС МЫ СФОКУСИРУЕМСЯ НА ПУНКТЕ ⑤. ПРИ ТОМ ЧТО В НАШЕМ ОРГАНИЗМЕ МОЖНО НАСЧИТАТЬ ОГРОМНОЕ МНОЖЕСТВО БЕЛКОВ, БОЛЬШИНСТВО ИЗ НИХ ОТВЕЧАЕТ ЗА КАТАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ.

⑤ КАТАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ.

ДРУГИМИ СЛОВАМИ, КАТАЛИЗ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ – ОДНА ИЗ САМЫХ ВАЖНЫХ ЗАДАЧ БЕЛКА.

РАССМОТРИМ, НАПРИМЕР, ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, КОТОРЫЕ ПРОИСХОДЯТ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ АЛКОГОЛЯ.



ФЕРМЕНТЫ! ЧТО-ТО ЗНАКОМОЕ... КАЖЕТСЯ, МЫ УЖЕ О НИХ ГОВОРИЛИ, ТОЛЬКО КОГДА?

МЫ КРАТКО ЗАТРОНУЛИ ЭТУ ТЕМУ, КОГДА ОБСУЖДАЛИ ПРОЦЕСС ОТЛОЖЕНИЯ ЖИРА (СТР. 112).

БЕЛОК, КОТОРЫЙ ТАКИМ ОБРАЗОМ КАТАЛИЗИРУЕТ (УСКОРЯЕТ) ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, НАЗЫВАЕТСЯ...

...ФЕРМЕНТОМ.

И ЭТО...

...ЕЩЕ ДАЛЕКО НЕ ВСЕ, ЧТО УМЕЮТ ФЕРМЕНТЫ!



БЕЛКИ ОБРАЗУЮТСЯ ИЗ АМИНОКИСЛОТ

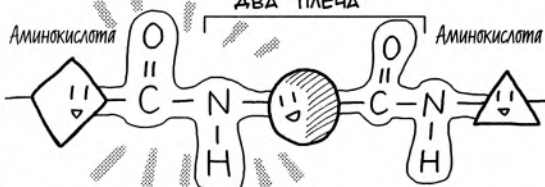


БЕЛКИ ОБРАЗУЮТСЯ ПУТЁМ СОЕДИНЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕБОЛЬШИХ МОЛЕКУЛ АМИНОКИСЛОТ ДРУГ С ДРУГОМ.

О, КАЖЕТСЯ, Я ПРИПОМИНАЮ! ЭТО ПОХОЖЕ НА НАНЗЫВАНИЕ БУС.



У ОАНОЙ АМИНОКИСЛОТЫ ДВА "ПЛЕЧА"



АМИНОКИСЛОТЫ СОЕДИНЯЮТСЯ ТАК, КАК ПОКАЗАНО НА РИСУНКЕ. ЭТА СВЯЗЬ НАЗЫВАЕТСЯ ПЕПТИДНОЙ (БОЛЕЕ ПОДРОБНО ОНА РАССМАТРИВАЕТСЯ НА СТР. 158).

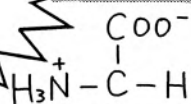
ИТАК, АМИНОКИСЛОТЫ - ЭТО "СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ" ДЛЯ БЕЛКОВ.

МНОГИЕ ВИДЫ АМИНОКИСЛОТ ВСТРЕЧАЮТСЯ В ПРИРОДЕ. НО...

Глицин	Аланин	Валин	Лейцин
Изолейцин	Метионин	Пролин	Фенилаланин
Триптофан	Серин	Треонин	Аспарагин
Глутамин	Тирозин	Цистеин	Лизин
Аргинин	Гистидин	Аспарагиновая кислота	Глутаминовая кислота

...В СОЗДАНИИ БЕЛКОВ УЧАСТВУЕТ ТОЛЬКО 20 ТИПОВ АМИНОКИСЛОТ.

А ВОТ БАЗОВАЯ СТРУКТУРА АМИНОКИСЛОТ.



Эта часть - общая для всех аминокислот.

ясно...



Амфотерный ион

А эта часть у каждой аминокислоты особая.



СУЩЕСТВУЕТ 20 РАЗНОВИДНОСТЕЙ ЗАПОМНИМ ЭТУ ВАЖНУЮ ДЕТАЛЬ!

ПОСКОЛЬКУ ВСТРЕЧАЕТСЯ 20 РАЗНОВИДНОСТЕЙ ТО И ТИПОВ АМИНОКИСЛОТ ТОЖЕ 20.

и...

АМИНОКИСЛОТЫ

$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ Глицин Gly G	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Аланин Ala A	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ Валин Val V	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ Лейцин Leu L
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Изолейцин Ile I	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Метионин Met M	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \backslash \quad / \\ \text{CH}_2 \end{array}$ Пролин Pro P	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ Фенилаланин Phe F
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{C}_6\text{H}_5 \quad \text{CH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ Триптофан Trp W	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ Серин Ser S	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ Треонин Thr T	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N} \end{array}$ Аспарагин Asn N
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N} \end{array}$ Глутамин Gln Q	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ Тирозин Tyr Y	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$ Цистеин Cys C	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ Лизин Lys K
$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH}_2^+ \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ Аргинин Arg R	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{CH} \\ \quad \backslash \\ \text{HN} \quad \text{NH}^+ \\ \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ Гистидин His H	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COO}^- \end{array}$ Аспарагиновая кислота Asp D	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COO}^- \end{array}$ Глутаминовая кислота Glu E

...ВОТ СТРУКТУРНЫЕ
ФОРМУЛЫ ЭТИХ
20 АМИНОКИСЛОТ!

РАССЛАБЬСЯ!
ТЫ НЕ ДОЛЖНА
ЗАУЧИВАТЬ ИХ
НАИЗУСТЬ!

А-а-ах...

ТИПЫ БЕЛКОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ
СОЗДАВАТЬСЯ В ЖИВЫХ КЛЕТКАХ,
ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО
ЭТИМИ 20 АМИНОКИСЛОТАМИ.

РАЗНИЦА СОСТОИТ В ИХ
ОБЪЁМЕ И ПОСЛЕДОВА-
ТЕЛЬНОСТИ.

Хи Хи
Хи Хи

ПОНЯТНО! 20 ТИПОВ
БУСЫН МОЖНО
РАСПОЛОЖИТЬ В САМЫХ
РАЗНЫХ СОЧЕТАНИЯХ,
И КАЖДАЯ РАЗ
БУДЕТ ПОЛУЧАТЬСЯ
УНИКАЛЬНОЕ
ОЖЕРЕЛЬЕ!

Динь

Дон

ВЕРНО, НО ВСЁ-ТАКИ
АМИНОКИСЛОТЫ
КОЕ В ЧЁМ ОТЛИЧАЮТСЯ
ОТ БУС...

МЫ НЕ МОЖЕМ СОЕДИНИТЬ
НЕСКОЛЬКО АМИНОКИСЛОТ
И РАССЧИТЫВАТЬ,
ЧТО ПОЛУЧИМ БЕЛОК!

ЧТО-О?!

ЧТОБЫ ПОЛУЧИЛСЯ БЕЛОК,
"НИТКИ БУС" ДОЛЖНЫ
ПРИБРЕСТИ ОПРЕДЕЛЁННУЮ
ФОРМУ...

...И РАСПОЛОЖИТЬСЯ
В ОПРЕДЕЛЁННОМ
ПОРЯДКЕ.

РАССМОТРИМ ЭТУ ТЕМУ
ПОДРОБНЕЕ!

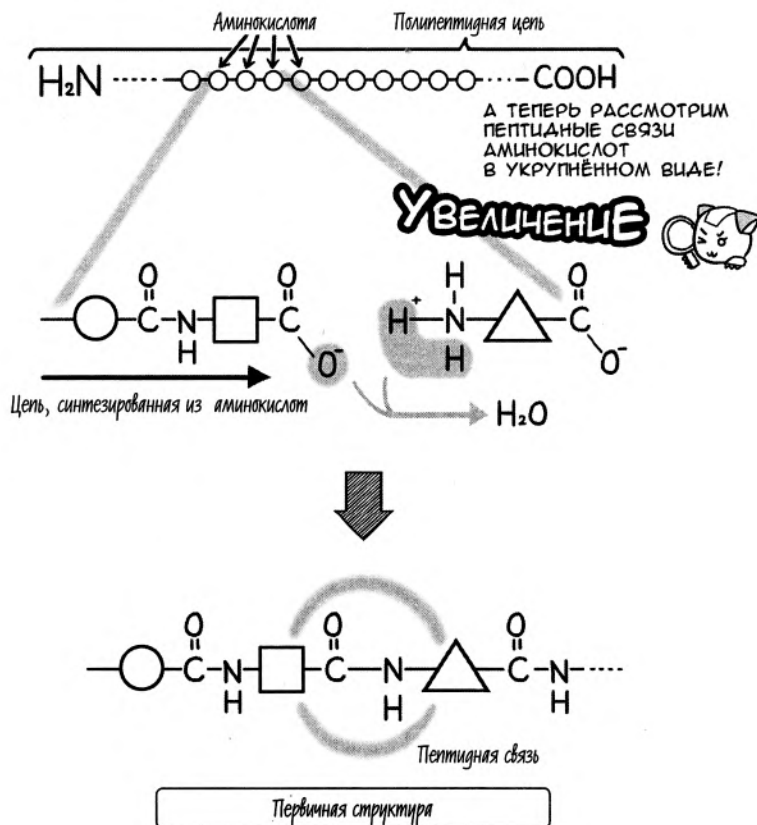


ПЕРВИЧНАЯ СТРУКТУРА БЕЛКА

Прежде всего образуется длинная цепь аминокислот, которые соединяются друг с другом по одной с помощью *пептидных связей*. Помните, мы говорили о том, что соединение аминокислот в ходе химических реакций приводит к образованию белков? Процесс, который приводит к образованию пептидных связей, называется *пептидилтрансферазной реакцией*.

Эта реакция происходит внутри *рибосом* – органоидов, содержащихся в цитоплазме, прикрепленных к гранулярной (шероховатой) эндоплазматической сети и предназначенных для синтеза белков. Мы подробнее обсудим рибосомы в главе 5.

Длинная цепь аминокислот, соединённых пептидными связями, называется *полипептидной цепью*. По сути, это и есть *первичная структура* белка.



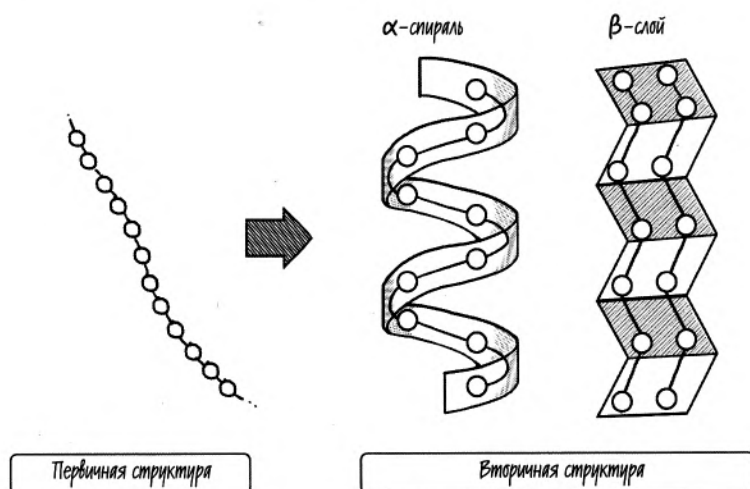


ВТОРИЧНАЯ СТРУКТУРА БЕЛКА

У всех 20 аминокислот есть уникальная часть (обозначенная символом [R] на стр. 155), называемая *боковой цепью*.

Поскольку на эти боковые цепи могут воздействовать многочисленные факторы, в частности водородные связи, а также гидрофобные и электростатические взаимодействия, то соседние аминокислоты могут притягиваться или отталкиваться друг от друга. В результате образуется характерная объёмная структура, которая получила название *вторичной структуры белка*.

Существует несколько вторичных структур, в том числе α -спираль (в ней часть полипептидной цепи закручена спиралью) и β -слой, который представлен в плоской складчатой форме.



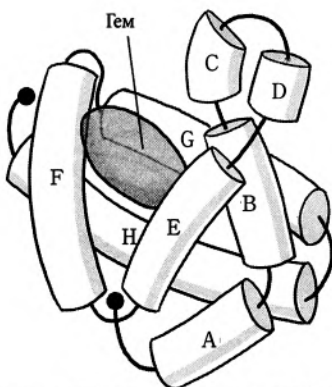


ТРЕТИЧНАЯ СТРУКТУРА БЕЛКА

Даже вторичная структура полипептидной цепи не представляет собой «полнофункционального» белка: для этого его молекула недостаточно скручена.

Для образования функционирующего белка полипептидная цепь должна принять трёхмерную форму, которая образуется при взаимодействии боковых цепей аминокислот. Эта форма называется *третичной структурой белка*.

Например, *миоглобин*, структура которого показана на рисунке ниже, представляет собой тип белка, который присутствует в мышцах животных и людей. В молекуле этого белка восемь α -спиралей окружают железосодержащий *гем*, связывающий кислород.



Восемь витков α -спирали в молекуле миоглобина обозначены буквами латинского алфавита – от А до Н.

Третичная структура

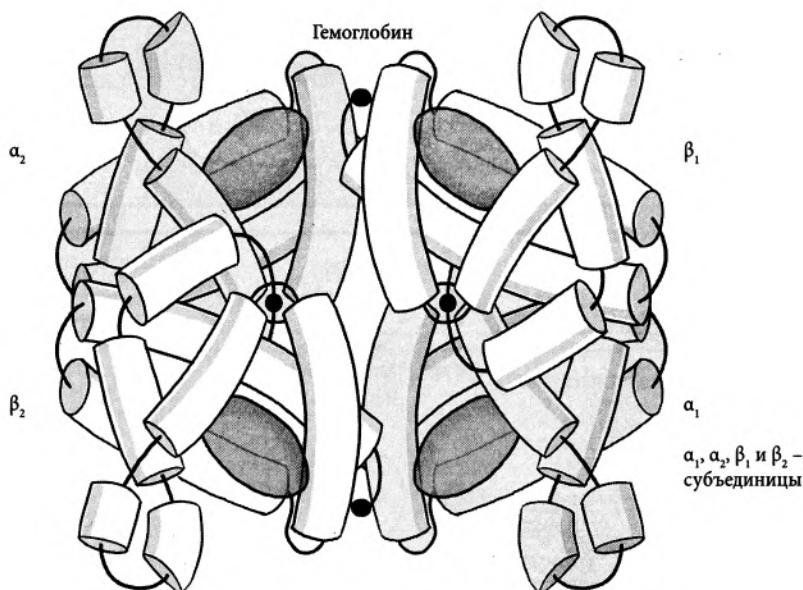


ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СТРУКТУРА БЕЛКА. СУБЪЕДИНИЦЫ

Многие белки в своей третичной структуре способны выступать в качестве обычного белка или фермента. Но некоторые белки способны создавать более сложную систему, в которой множество полипептидных цепей с третичной структурой связываются в один общий «узел».

Например, красные кровяные клетки содержат много железосвязывающих белков под названием *гемоглобин*, используемых для переноса кислорода. Гемоглобин формируется путём соединения четырёх полипептидных цепей под названием *глобин* (по две цепочки двух типов, α и β ; на рисунке ниже они обозначены α_1 , α_2 , β_1 и β_2). Ферменты, такие как РНК-полимераза II, которая формирует РНК в наших клетках, образуется путём соединения 12 полипептидных цепей.

Такая структура называется *четвертичной*, а каждая полипептидная цепочка в составе этой структуры – *субъединицей*.

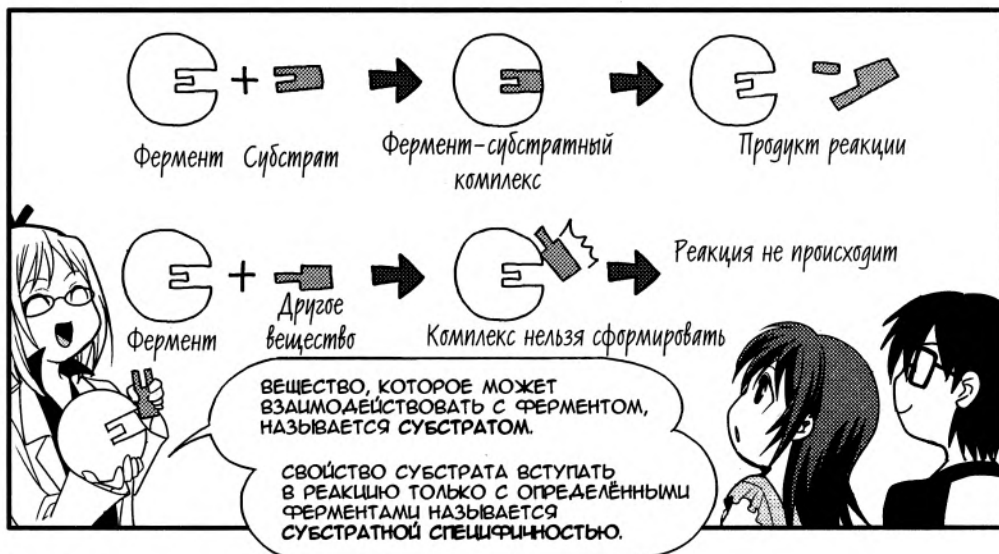


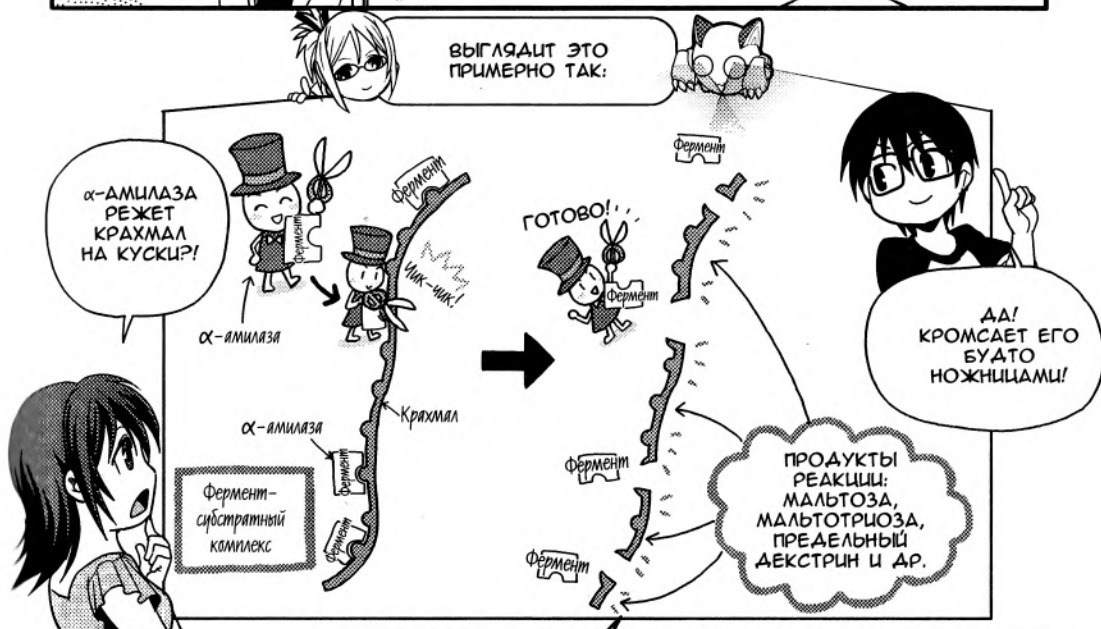
Поскольку субъединицы гемоглобина и миоглобина похожи по своей форме, строение гемоглобина на этом рисунке напоминает третичную структуру на стр. 160. На самом деле такие структуры имеют некоторые различия.

Четвертичная структура

2. РАБОТА ФЕРМЕНТОВ

СУБСТРАТЫ И ФЕРМЕНТЫ







СПЕЦИФИЧНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ



Некоторые ферменты строго специфичны, то есть взаимодействуют с одним субстратом или небольшим количеством субстратов. Другие ферменты обладают более широким «спектром действия» и способны влиять на большее количество субстратов.



Стало быть, «строгие» и «не строгие». Совсем как мои папа и мама...



Существуют ферменты, которые воздействуют на вещества, похожие на их основные субстраты или тесно связанные с ними. Многие такие ферменты задействованы в процессе пищеварения – в частности, те из них, которые обеспечивают катаболизм белков.



Количество белков с трудом поддаётся исчислению! Если бы все ферменты обладали абсолютной специфичностью, то для расщепления каждого типа белка был бы необходим отдельный фермент! Представляете, как неудобно?



Поскольку структура белков очень сложна, расщепляющие их ферменты должны быть несколько более гибкими и «приспособляемыми».

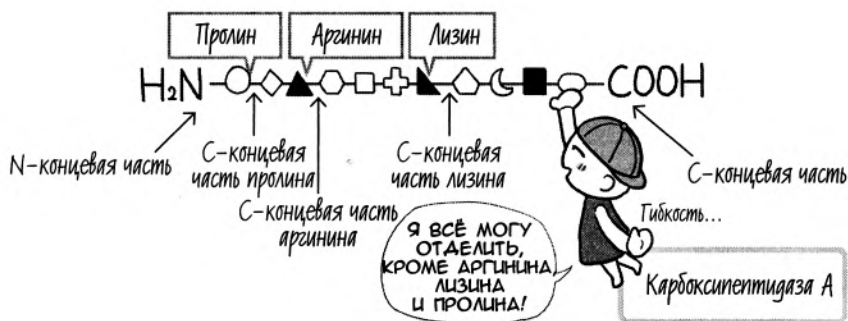


Верно! Ферменты, отвечающие за катаболизм белков (то есть расщепляющие белки), как правило, не отличаются строгой избирательностью в отношении своих субстратов. Такие ферменты способны взаимодействовать с рядом веществ.



Так, один из ферментов, отвечающих за катаболизм белков – карбоксипептидаза, синтезируемая в поджелудочной железе, последовательно «отщипывает» аминокислоты с концевой части белка.

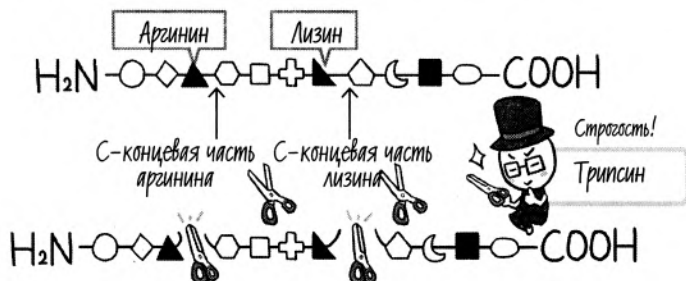
Этот фермент бывает нескольких типов: А, В, С и У. Карбоксипептидаза типа А может отделить практически любую аминокислоту от С-концевой части белка. Однако она практически не взаимодействует с аминокислотами со сложной структурой и аминокислотами ароматического ряда, в частности аргинином, лизином и пролином.



Но ведь белки состоят из 20 типов аминокислот... И даже если карбоксипептидаза А не взаимодействует с аргинином, лизином и пролином, в её распоряжении остаётся ещё 17 типов аминокислот!



Ну да. Она легко вступает во взаимодействие с различными субстратами. Но в катаболизме белков участвуют и более «строгие» ферменты. Например, трипсин режет только с С-концевой стороны аргинина и лизина.



КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТОВ

В НАШЕМ ОРГАНИЗМЕ
СОДЕРЖИТСЯ МАССА ФЕРМЕНТОВ,

И ДЛЯ УДОБСТВА
МЫ ОБЪЕДИНЯЕМ ИХ В ГРУППЫ,
ИНАЧЕ ГОВОРЯ, КЛАССЫ,
ОСНОВЫВАЯСЬ НА ОБЩИХ
СВОЙСТВАХ.

Фермент

Фермент

Фермент

Фермент

ЭТО ВСЁ РАВНО ЧТО
КЛАССИФИЦИРОВАТЬ
ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ
В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ИХ СВОЙСТВ...

ОВОЩИ?

ФРУКТЫ?

МЯСО?

ДЕСЕРТЫ!

ФЕРМЕНТЫ
КЛАССИФИЦИРУЮТСЯ
ПО ТИПАМ
КАТАЛИТИЧЕСКИХ
РЕАКЦИЙ.

ВЫДЕЛЯЕТСЯ
ШЕСТЬ ГЛАВНЫХ
КЛАССОВ ФЕРМЕНТОВ.

6

КАЖДОМУ ФЕРМЕНТУ ПРИСВАИВАЕТСЯ
ТАК НАЗЫВАЕМЫЙ ШИФР КФ
(КОД ФЕРМЕНТА) В ФОРМАТЕ

ЕС a.b.c.d,

ГДЕ a, b, c и d -
ЧЕТЫРЕ ЧИСЛА.

ВМЕСТО БУКВ
ПОДСТАВЛЯЮТСЯ ЧИСЛА

a - ЦИФРА ОТ 1 ДО 6
(ОБОЗНАЧАЕТ КЛАСС ФЕРМЕНТА).
b и c КОНКРЕТИЗИРУЮТ
ТИПЫ РЕАКЦИЙ,
ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ФЕРМЕНТА.
d ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ
ПОРЯКОВЫЙ НОМЕР
ФЕРМЕНТА В ЕГО КЛАССЕ.

ЕС a.b.c.d

КЛАСС
ФЕРМЕНТА
(ОТ 1 ДО 6)

КОНКРЕТНЫЕ
РЕАКЦИИ
ДАННОГО
ФЕРМЕНТА

НОМЕР
ФЕРМЕНТА

ШИФР КФ
УНИВЕРСАЛЕН:
ЕГО ИСПОЛЬЗУЮТ
ВО ВСЕХ СТРАНАХ.

ЭТО НЕ ТАК
УЖ СЛОЖНО!

* КОГДА УЧЁНЫЕ ОТКРЫВАЮТ НОВЫЙ ФЕРМЕНТ, ЕМУ ПРИСВАИВАЕТСЯ ШИФР КФ, А ТАКЖЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ И РЕКОМЕНДОВАННОЕ НАЗВАНИЕ (СООГЛАСНО СТАНДАРТАМ, ОПРЕДЕЛЁННЫМ КОМИССИЕЙ ПО ФЕРМЕНТАМ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА БИОХИМИИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ).

ИТАК, У НАС ИМЕЕТСЯ
ШЕСТЬ КЛАССОВ.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТОВ
ПО ТИПУ
КАТАЛИТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

- ЕС 1. ОКСИДОРЕДУКТАЗЫ
- ЕС 2. ТРАНСФЕРАЗЫ
- ЕС 3. ГИДРОЛАЗЫ
- ЕС 4. ЛИАЗЫ
- ЕС 5. ИЗОМЕРАЗЫ
- ЕС 6. ЛИГАЗЫ

СЕГОДНЯ МЫ
В ПОДРОБНОСТЯХ
ИЗУЧИМ ДВА КЛАССА:
ТРАНСФЕРАЗЫ (ЕС 2)
И ГИДРОЛАЗЫ (ЕС 3)
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ
РЕАКЦИЙ,
КОТОРЫЕ ОНИ
КАТАЛИЗИРУЮТ.

НУ ЧТО Ж,
НАСТАЛО ВРЕМЯ
ИХ ПРЕДСТАВИТЬ!

Ой!..

ВСТРЕЧАЙТЕ!
НА СЦЕНУ
ВЫХОДЯТ...

Хи, хи, хи...

..ТРАНСФЕРАЗА
И ГИДРОЛАЗА!!!

ТА-АА-А-А-АМ!

ЕС 2.

Трансфераза



ЕС 3.

Гидролаза

А ТЕПЕРЬ ВЫЯСНИМ,
КАКИЕ ФЕРМЕНТЫ ОТНОСЯТСЯ
К ЭТИМ КЛАССАМ
И КАКУЮ РАБОТУ
ОНИ ВЫПОЛНЯЮТ.

ТРАНСФЕРАЗЫ

ФЕРМЕНТ, ПЕРЕНОСЯЩИЙ ОДНУ ЧАСТЬ МОЛЕКУЛЫ К ДРУГОЙ, НАЗЫВАЕТСЯ ТРАНСФЕРАЗОЙ.

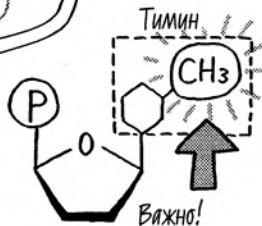
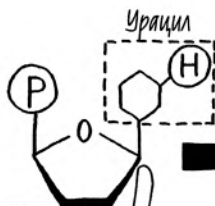
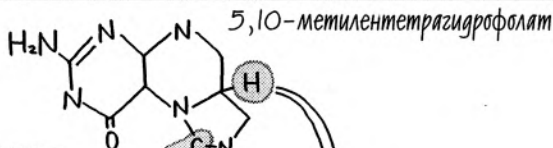
ТРАНСФЕРАЗА - ОБЩЕЕ НАЗВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ, ПЕРЕНОСЯЩИХ РЯД АТОМОВ (ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ ГРУППУ) К ХИМИЧЕСКОМУ СОЕДИНЕНИЮ, ОТЛИЧНОМУ ОТ ВОДЫ

Спецификация!

Функция.

ОБЩИЙ ШИФР КФ
ДЛЯ ТРАНСФЕРАЗ - ЕС 2.X.X.X

НАПРИМЕР,
ТИМЦИЛЛАТСИНТАЗА
(ЕС 2.11.45) -
ЭТО ТРАНСФЕРАЗА:



МЕТИЛЬНАЯ ГРУППА (-CH₃), ИЗВЛЕЧЕННАЯ ИЗ ВЕЩЕСТВА ПОД НАЗВАНИЕМ 5,10-МЕТИЛЕНТЕТРАГИДРОФОЛАТ, ПРИСОЕДИНЯЕТСЯ К УРАЦИЛУ, В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕГО ОБРАЗУЕТСЯ ТИМИН.

УРАЦИЛ И ТИМИН - КОМПОНЕНТЫ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ. МЫ ЕЩЕ ВЕРНЁМСЯ К ЭТОЙ ТЕМЕ В ГЛАВЕ 5.

Ясно...



ГЛИКОЗИЛТРАНСФЕРАЗА ОПРЕДЕЛЯЕТ ГРУППУ КРОВИ



Помнишь, мы обсуждали группы крови (в главе 3)?
И когда мы выясняли, в чём отличия между разными группами крови, то обнаружили, что всё зависит от работы ферментов.



Конечно, помню!
Система АВ0 основана на различиях в сахарных цепях на поверхности красных кровяных телец. Сахарная цепь (полисахарид) – это ряд моносахаридов, соединённых друг с другом.



Притом сами цепочки отличаются только концевым моносахаридом.



Да! У людей со II группой крови (тип A) это N-ацетилгалактозамин (GalNAc), у людей с III группой крови (тип B) – галактоза (Gal). У людей с I группой крови (тип 0) в сахарной цепи вообще нет конечного звена. (Во время подготовки отчёта профессору это, наверное, навсегда врезалось мне в память...)



Всё верно. Моносахарид, прикрепляемый к концу сахарной цепи, или отсутствие такового, – это результат воздействия определённого гена. Гены являются своего рода «слепками» с белка (а мы помним, что фермент – это разновидность белка).
Итак, группа крови на самом деле зависит от гена, который создаёт *гликозилтрансферазу* – фермент, присоединяющий определённый моносахарид к концу сахарной цепи на поверхности красных кровяных телец.

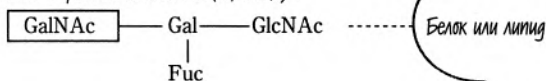


То есть гликозилтрансфераза присоединяет тот или иной моносахарид, а тип моносахарида, в свою очередь, определяет группу крови.

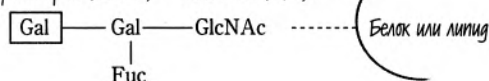


Ну да. Давай ещё раз рассмотрим структуру сахарной цепи, характерную для каждой группы крови.

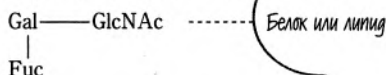
У людей со II группой крови (тип A) на конце сахарной цепи находится N-ацетилгалактозамин (GalNAc).



...А у людей с III группой крови (тип B) – галактоза (Gal).



Для типа O, то есть I группы крови, конечное звено сахарной цепи отсутствует.



Названия моносахаридов

GalNAc	N-ацетилгалактозамин
Gal	Галактоза
Fuc	Фукоза
GlcNAc	N-ацетилглюкозамин



Итак, повторим: различия между этими тремя группами крови состоят только в том, какой моносахарид находится в конце сахарной цепи.

У людей со II группой крови (тип A) это N-ацетилгалактозамин. У людей с III группой крови (тип B) – галактоза (Gal). А у людей с I группой крови (тип O)... такого конечного элемента нет!

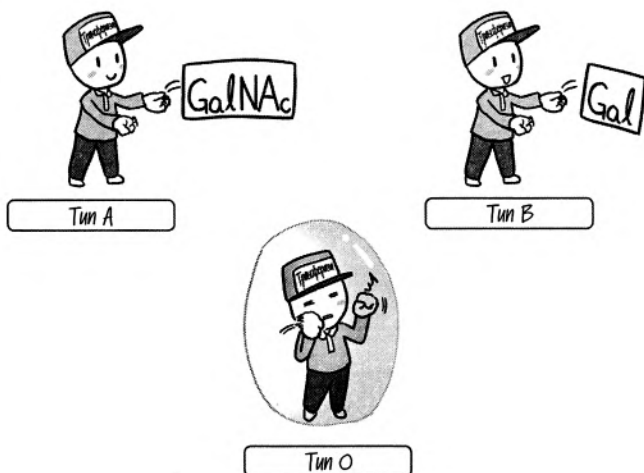


Да-да, я поняла.



Таким образом, сахарная цепь типа O – это «прототип», то есть минимальный вариант. У людей с группами крови типа A и B к этому минимуму уже что-то добавляется.

Если ген трансферазы присоединяет к концу цепи N-ацетилгалактозамин, у индивида будет группа крови типа A; если ген трансферазы присоединяет галактозу, – группа крови типа B.



Всё это прекрасно, но мне хотелось бы как-то прояснить ситуацию с первой группой крови – типом 0. Почему, спрашивается, у сахарной цепи нет концевых элементов? За что её, бедную, так обделили?



У людей с I группой крови тоже есть гены, связанные с гликозилтрансферазой, но нет ферментов, которые взаимодействовали бы с белками, создаваемыми этими генами. В итоге и моносахарид не присоединяется к концу цепи. Активность ферментов, возможно, была утрачена в результате мутации, которая возникла когда-то в эволюционном процессе...



Мутация?! Круто!



Подытожим сказанное: система ABO, определяющая группы крови, основана на различиях в генах гликозилтрансферазы.



Немото, у тебя, наверное, тоже произошла какая-то мутация в мозгу, раз ты способен всё это запомнить!



Хе-хе...

ГИДРОЛАЗЫ

КАК ЯВСТВУЕТ ИЗ ИХ НАЗВАНИЯ, ГИДРОЛАЗЫ – ЭТО ФЕРМЕНТЫ, КОТОРЫЕ РАСЩЕПЛЯЮТ СУБСТРАТЫ ПРИ УЧАСТИИ ВОДЫ. ШИФР КФ ГИДРОЛАЗ ПРЕДСТАВЛЕН В ФОРМАТЕ ЕС 3.X.X.X.



НАСКОЛЬКО МЫ ПОМНИМ, МОЛЕКУЛА ВОДЫ СОСТОИТ ИЗ ДВУХ АТОМОВ ВОДОРОДА И ОДНОГО АТОМА КИСЛОРОДА: H_2O .



ГИДРОЛАЗА РАСЩЕПЛЯЕТ ЕЁ НА H И OH .

А ЗАТЕМ ОНА ПРИСОЕДИНЯЕТ ЭТИ ЭЛЕМЕНТЫ К СУБСТРАТУ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТО ОН РАСЩЕПЛЯЕТСЯ НА ДВЕ ЧАСТИ!

А НУ-КА, РЕБЯТА РАЗОЦАИТЕСЬ!



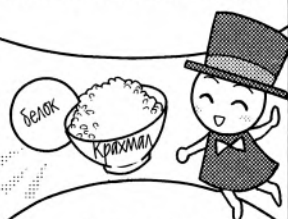
ТАК РАЗНИМАЮТ ДРАЧУНОВ...

ТАК РАССТАЮТСЯ ВЛЮБЛЁННЫЕ...

ЕСЛИ ПРЕДСТАВИТЬ СЕБЕ ЧАСТИ СУБСТРАТА КАК ДВУХ ЛЮДЕЙ, ДЕРЖАЩИХСЯ ЗА РУКИ, ТО ГИДРОЛАЗА "ВКЛАДЫВАЕТ" В РУКУ ОДНОМУ ИЗ НИХ H , А ДРУГОМУ – OH .

ГИДРОЛАЗА, В ЧИСЛЕ ПРОЧЕГО, РАСЩЕПЛЯЕТ И НАШ ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ – АТФ!

α -АМИЛАЗА, КОТОРАЯ РАСЩЕПЛЯЕТ КРАХМАЛ, И ПЕПСИН, РАСЩЕПЛЯЮЩИЙ БЕЛОК...



...ОТНОСИТСЯ К КЛАССУ ГИДРОЛАЗ!

А ТЕПЕРЬ РАССМОТРИМ РАБОТУ α -АМИЛАЗЫ (ЕС 3.2.1.1).



α -АМИЛАЗА, СОДЕРЖАЩАЯСЯ В НАШЕЙ СЛЮНЕ, РАСЩЕПЛЯЕТ КРАХМАЛЫ, НАПРИМЕР В СОСТАВЕ РИСА.

Глюкоза

$\alpha(1 \rightarrow 4)$ -гликозидная связь

УВЕЛИЧЕНИЕ

Глюкоза

Глюкоза

Глюкоза

КРАХМАЛ СОСТОИТ ИЗ МОЛЕКУЛ ГЛЮКОЗЫ, СОЕДИНЕННЫХ ДРУГ С ДРУГОМ ПОСРЕДСТВОМ $\alpha(1 \rightarrow 4)$ -ГЛИКОЗИДНОЙ СВЯЗИ.

ПОМНИШЬ, МЫ ОБСУЖДАЛИ ГЛИКОЗИДНЫЕ СВЯЗИ, ИЗУЧАЯ СВОЙСТВА ЛЕПЕШЕК МОТИ (СТР. 136)?

α -АМИЛАЗА ДЕЛИТ КРАХМАЛ НА НЕСКОЛЬКО ЧАСТЕЙ. ПРИ ЭТОМ $\alpha(1 \rightarrow 4)$ -ГЛИКОЗИДНЫЕ СВЯЗИ РАЗРЫВАЮТСЯ В ПРОИЗВОЛЬНЫХ МЕСТАХ МЕТОДОМ ГИДРОЛИЗА.

$\alpha(1 \rightarrow 4)$ -гликозидная связь

Крахмал

α -амилаза

Произвольный разрыв $\alpha(1 \rightarrow 4)$ -гликозидных связей

Гидролиз

...И ОБРАЗУЮТСЯ ПОЛИСАХАРИДЫ РАЗНОЙ ДЛИНЫ!

РАССМОТРИМ РЕАКЦИЮ ГИДРОЛИЗА ПОДРОБНЕЕ.

$\alpha(1 \rightarrow 4)$ -гликозидная связь

H

OH

H_2O

α -амилаза

Расщепляется при посредстве H и OH

МЫ ВИДИМ, ЧТО ГИДРОЛАЗА (α -АМИЛАЗА) ИСПОЛЬЗУЕТ ОДНУ МОЛЕКУЛУ ВОДЫ, ЧТОБЫ РАСЩЕПИТЬ КРАХМАЛ.

ВЫХОДИТ, НАША СЛОНА - МОЩНАЯ ВЕЩЬ!

3. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТОВ





ПОЧЕМУ ФЕРМЕНТЫ ВАЖНЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ?

Вещество, ускоряющее химическую реакцию, называется *катализатором*. Фермент выступает в качестве катализатора (часто его называют *биологическим катализатором*).

При этом наличие фермента не является обязательным условием для протекания реакции – он всего лишь «подстёгивает» её.

Большинство химических реакций в живом организме может происходить даже без участия ферментов, но, в большинстве своём, для протекания процессов потребовалось бы много времени. Сложные химические реакции, наподобие гликолиза, без участия катализатора вообще не могли бы завершиться.

Поскольку в организме должны быть созданы определённые условия для поддержания жизни – в частности, необходимо производство энергии в определённом количестве, – некоторые химические реакции должны осуществляться в достаточно быстром темпе. Если бы они не катализировались, это обрекло бы живые существа на скорую гибель.

Если бы не было ферментов...



...не было бы и жизни в той форме,
в какой мы её знаем!

Но раз ферменты существуют...



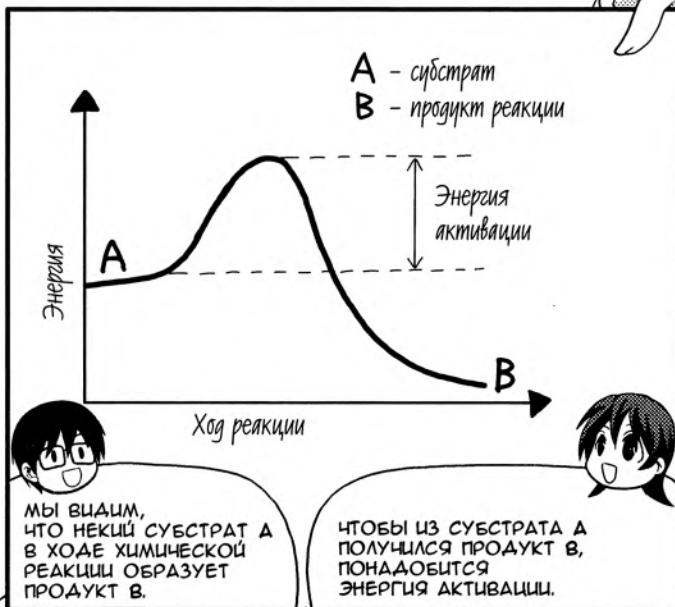
...жизнь продолжается! Вот оно, счастье!

А теперь на примере простых графиков и формул мы изучим, какие свойства химических реакций зависят от ферментов и почему они столь важны именно для этих реакций.

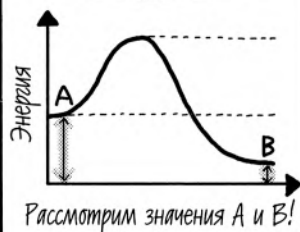
ЧТО ТАКОЕ ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ

ДЛЯ КАЖДОЙ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ТРЕБУЕТСЯ ОПРЕДЕЛЕННОЕ КОЛИЧЕСТВО ЭНЕРГИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ УСТОЙЧИВОЕ ЕЁ ПРОТЕКАНИЕ. ЭТА ЭНЕРГИЯ НАЗЫВАЕТСЯ ЭНЕРГИЕЙ АКТИВАЦИИ.

ВЗГЛЯНЕМ НА ГРАФИК. ОН ОТРАЖАЕТ ХОД НЕКОЕЙ УСЛОВНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ.

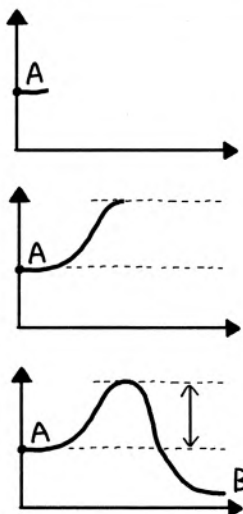


А И В - РАЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА, И КОЛИЧЕСТВО ЭНЕРГИИ У НИХ НЕОДИНАКОВ.



ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ НЕ ВЛИЯЕТ НА РАЗЛИЧИЯ В ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭНЕРГИИ А И В.

ПРЕДСТАВИМ, ЧТО СУБСТРАТ ДОЛЖЕН ПЕРЕБРАТЬСЯ ЧЕРЕЗ ВЫСОКУЮ СТЕНУ, ЧТОБЫ ИЗБЕЖАТЬ "ЗАКЛЮЧЕНИЯ" И ПРЕВРАТИТЬСЯ В ПРОДУКТ РЕАКЦИИ.



САМАЯ ВЫСОКАЯ ЧАСТЬ ЭТОЙ СТЕНЫ НАЗЫВАЕТСЯ БАРЬЕРОМ АКТИВАЦИИ, ИЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ БАРЬЕРОМ.



Ох...

ВВЕРХ ПО СТЕНЕ? УЖАС...

ФЕРМЕНТ ПОНИЖАЕТ «СТЕНУ»

КАК ТЫ ДУМАЕШЬ,

ДЛЯ ЧЕГО НУЖНО
УЧАСТИЕ ФЕРМЕНТА
В ХИМИЧЕСКОЙ
РЕАКЦИИ?



УДИВИТЕЛЬНО!
ПОХОЖЕ, ДЛЯ ТОГО ЧТОБЫ
УПРОСТИТЬ СВОЮ РАБОТУ,
ФЕРМЕНТ СЛОВНО БЫ
ПОНИЖАЕТ СТЕНУ!

А НИ-КА,
ВНИЗ!

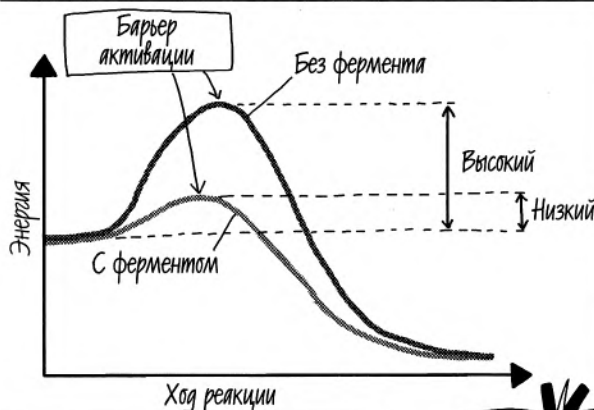
НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ
ТАК ОНО И ПРОИСХОДИТ!
ДАВАЙ ПРЕДСТАВИМ, ЧТО ТЫ,
КУМИ, ЯВЛЯЕШЬСЯ СУБСТРАТОМ.

ЧТОБЫ ТЫ ДОСТИГЛА СВОЕЙ
ЦЕЛИ - ТО ЕСТЬ ПРЕВРАТИЛАСЬ
В ПРОДУКТ РЕАКЦИИ - ТЕБЕ НУЖНО
ПРЕОДОЛЕТЬ СТЕНУ В 1,5 МЕТРА.
НО ЭТО СЛИШКОМ ВЫСОКО!

И ТУТ НА ПОМОЩЬ ПРИХОДИТ
ГОСПОДИН ФЕРМЕНТ! ОН РАЗБИРАЕТ
СТЕНУ, ЧТОБЫ ТЕБЕ БЫЛО УДОБНО
ПЕРЕЛЕЗТЬ ЧЕРЕЗ НЕЕ. ТЕПЕРЬ
ВЫСОТА СТЕНЫ - ВСЕГО КАКИХ-ТО
ПОЛМЕТРА. ТЕБЕ ЭТО НЕ ПОМЕХА!

Нет проблем!

КАКОЙ
ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ
ФЕРМЕНТ!



СУЩЕСТВУЮТ ТАКЖЕ СЛУЧАИ,
КОГДА ФЕРМЕНТ ИЗМЕНЯЕТ
МЕХАНИЗМ ПРОТЕКАНИЯ
РЕАКЦИИ.

...НО В ИЗУЧЕНИИ
НАШЕЙ СЕГОДНЯШНЕЙ ТЕМЫ
МЫ БУДЕМ ИСХОДИТЬ ИЗ
ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ...



...ЧТО НАЛИЧИЕ ФЕРМЕНТА
ТОЛЬКО СНИЖАЕТ
ЭНЕРГИЮ АКТИВАЦИИ
ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ.

ГРАФИК В ЛАКОНИЧНОЙ ФОРМЕ
ПОДЫТОЖИВАЕТ ВСЁ СКАЗАННОЕ.
КАК МЫ ВИДИМ,
ПРИ НАЛИЧИИ ФЕРМЕНТА
ХИМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ
ПРОТЕКАЕТ ЛЕГЧЕ,
ПОСКОЛЬКУ ЭНЕРГИЯ
АКТИВАЦИИ СНИЖАЕТСЯ.

МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ

СПОСОБНОСТЬ

ФЕРМЕНТА

ВОЗДЕЙСТВОВАТЬ НА СУБСТРАТ,
В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧЕГО ОБРАЗУЕТСЯ
ПРОДУКТ РЕАКЦИИ, НАЗЫВАЕТСЯ
АКТИВНОСТЬЮ ФЕРМЕНТА.



ФЕРМЕНТ - ЭТО СИЛА!!



Продукт
реакции

Активность фермента

СКОРОСТЬ, С КОТОРОЙ
ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ЭТОТ
ПРОЦЕСС, НАЗЫВАЕТСЯ
СКОРОСТЬЮ РЕАКЦИИ.



ИЗМЕРЕНИЕ
ЭТОЙ АКТИВНОСТИ
ВАЖНО ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ
СВОЙСТВ ФЕРМЕНТА.



ПРАВАА, СДЕЛАТЬ
ТАКИЕ ЗАМЕРЫ
ДОВОЛЬНО НЕПРОСТО.

НУ ВО-ОТ...



УСПОКОЙСЯ - ЕСЛИ БУДЕШЬ
ВНИМАТЕЛЬНО СЛУШАТЬ,
ТО ВСЁ ПОЙМЁШЬ. ВАЖНО УСВОИТЬ
ДВА ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЯ.

- ① МАКС. СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ
- ② КОНСТАНТА МИХАЭЛИСА



МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ
РЕАКЦИИ - ЭТО СКОРОСТЬ,
ПРИ КОТОРОЙ ВСЕ ФЕРМЕНТЫ
В ХИМИЧЕСКОМ РАСТВОРЕ
ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ С СУБСТРАТОМ.
ИНЫМИ СЛОВАМИ, ЭТО СКОРОСТЬ,
ПРИ КОТОРОЙ ЗАДЕЙСТВОВАНЫ
ВСЕ ФЕРМЕНТЫ.
ОБОЗНАЧАЕТСЯ ОНА V_{max} .

V_{max}

Ч-Ч-ЧЕГО?

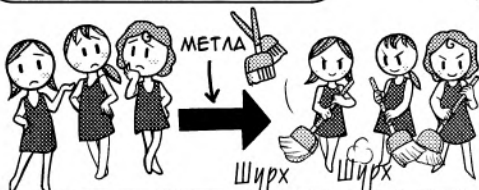
Я СОВСЕМ
ЗАПУТАЛАСЬ...



КАК ЭТО ПОНЯТЬ:
"ВСЕ ФЕРМЕНТЫ
ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ
С СУБСТРАТОМ"?

ПРЕДСТАВИМ,
ЧТО ГРУППА
СТУДЕНТОВ
УБИРАЕТ
ОПАВШИЕ ЛИСТЬЯ.

НЕКОТОРЫЕ ИЗ НИХ НЕ ЗАНЯТЫ,
ПОСКОЛЬКУ НА ВСЕХ
НЕ ХВАТИЛО РАБОЧЕГО
ИНВЕНТАРЯ. НО ВОТ
ПОЯВИЛИСЬ НОВЫЕ МЁТЫ...



...И ПРОЦЕСС УБОРКИ УСКОРИЛСЯ,
ПОТОМУ ЧТО В ДЕЛО ВСТУПИЛИ
НОВЫЕ ПОМОЩНИКИ!

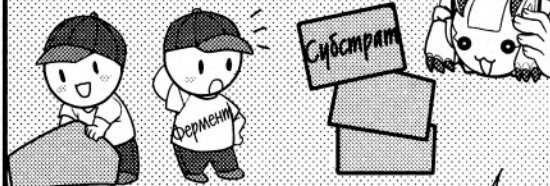
ТЕПЕРЬ ВСЕ ПРИ ДЕЛЕ,
СВОБОДНЫХ РУК НЕТ. И ДАЖЕ
ЕСЛИ СТУДЕНТАМ СНОВА
ПОДВЕЗУТ МЁТЫ, СКОРОСТЬ
УБОРКИ НЕ СТАНЕТ ВЫШЕ.

УЛАВЛИВАЕШЬ
АНАЛОГИЮ?

ГМ!

АА...

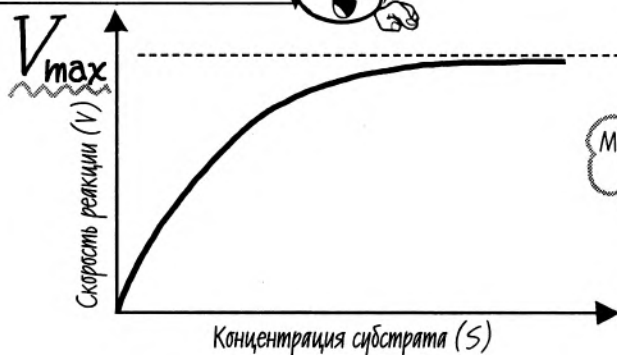
ЕСЛИ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ СУБСТРАТА
НЕКОТОРЫЕ ФЕРМЕНТЫ
"ПРОСТАИВАЮТ", ОНИ ТУТ ЖЕ
ВКЛЮЧАЮТСЯ В РАБОТУ
И СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ ПОВЫШАЕТСЯ.



НО ЕСЛИ ЗАДЕЙСТВОВАНЫ
ВСЕ ФЕРМЕНТЫ, ТО ПРИ ДОБАВЛЕНИИ
СУБСТРАТА СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ
НЕ ИЗМЕНИТСЯ.

ЕСЛИ СУБСТРАТ СЧИТАТЬ "МЕТЛОЙ",
А СТУДЕНТОВ - "ФЕРМЕНТАМИ",
НАМ БУДЕТ ПРОЩЕ ПОНЯТЬ
ГРАФИК. ПО ОСИ Х ОТЛОЖЕНА
КОНЦЕНТРАЦИЯ СУБСТРАТА.
ПРИ ЭТОМ КОЛИЧЕСТВО
ФЕРМЕНТОВ НЕИЗМЕННО.

ВЯДИШЬ ОТМЕТКУ V_{max} ?
ЭТО ПРЕДЕЛЬНАЯ
СКОРОСТЬ ПРОТЕКАНИЯ РЕАКЦИИ.
ПО ДОСТИЖЕНИИ ЭТОГО ПРЕДЕЛА
ПОВЫШЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТРАТА
УЖЕ НЕ БУДЕТ ВЛИЯТЬ НА СКОРОСТЬ.



Это предельная величина!

||
Максимальная скорость реакции
 V_{max}

УРАВНЕНИЕ МИХАЭЛИСА-МЕНТЕН И КОНСТАНТА МИХАЭЛИСА

В 1913 ГОДУ УЧЁНЫЕ-БИОХИМИКИ
ЛЕОНОР МИХАЭЛИС И МОД МЕНТЕН
ВЫВЕЛИ УРАВНЕНИЕ, ОТРАЖАЮЩЕЕ
ВЗАИМОСВЯЗЬ СКОРОСТИ
ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ
И КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТРАТА.

ВПОСЛЕДСТВИИ ЭТО УРАВНЕНИЕ
НАЗВАЛИ УРАВНЕНИЕМ
МИХАЭЛИСА-МЕНТЕН В ЧЕСТЬ
ЕГО АВТОРОВ.



$$v = \frac{V_{\max} [S]_0}{[S]_0 + K_m}$$

v - СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ

$[S]_0$ - КОНЦЕНТРАЦИЯ СУБСТРАТА
ДО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТА

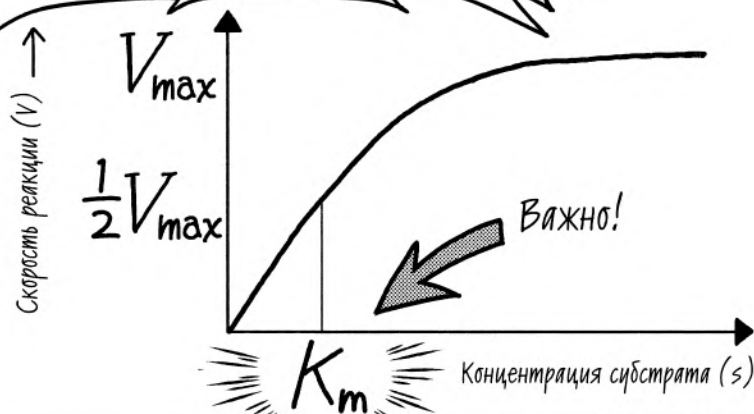
А ТЕПЕРЬ -
ВАЖНЫЙ МОМЕНТ!

В ЭТОМ УРАВНЕНИИ МИХАЭЛИС ВВЕЛ
ЧИСЛОВУЮ ВЕЛИЧИНУ, НАЗВАННУЮ
КОНСТАНТОЙ МИХАЭЛИСА (K_m). ОНА
ОБОЗНАЧАЕТ КОНЦЕНТРАЦИЮ
СУБСТРАТА ПРИ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ
РЕАКЦИИ, ВАЖНО МЕНЬШЕЙ
ПО СРАВНЕНИЮ С МАКСИМАЛЬНОЙ
СКОРОСТЬЮ ($V_{\max}$)*.

У МЕНЯ
СЕЙЧАС ГОЛОВА
ТРЕЩЕТ!

СПОКОЙНО,
КУМИ!

О-о-о!



* НАЧАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ - ЭТО СКОРОСТЬ НА МОМЕНТ
НАЧАЛА РЕАКЦИИ, КОГДА КОНЦЕНТРАЦИЯ СУБСТРАТА А
И СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ ЕЩЕ НАХОДЯТСЯ В ЛИНЕЙНОЙ
ЗАВИСИМОСТИ.

K_m - ВАЖНЫЙ ПАРАМЕТР
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СВОЙСТВ ФЕРМЕНТА.

ПОСКОЛЬКУ ДЛЯ КАЖДОГО ФЕРМЕНТА
ЭТО ЗНАЧЕНИЕ УНИКАЛЬНО, ТО,
ИЗМЕРИВ ЕГО, МЫ СМОЖЕМ ПОНЯТЬ,
КАК ДАННЫЙ ФЕРМЕНТ ВЕДЁТ СЕБЯ
ОТНОСИТЕЛЬНО СУБСТРАТА.

ЭТО СВОЙСТВО НАЗЫВАЕТСЯ
СРОДСТВОМ ФЕРМЕНТА
К СУБСТРАТУ.

$K_m...$

ЧЕМ ВЫШЕ
СРОДСТВО ФЕРМЕНТА
К СУБСТРАТУ,
ТЕМ МЕНЬШЕ
ВЕЛИЧИНА K_m .

ЕСЛИ ЗНАЧЕНИЕ K_m МАЛО,
ТО СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ
ДОСТИГАЕТ ПОЛОВИНЫ МАКСИМАЛЬНОЙ
ПРИ МЕНЬШЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТРАТА.
ЭТО ЗНАЧИТ, ЧТО ФЕРМЕНТ ПРОЯВЛЯЕТ
ДОСТАТОЧНО БОЛЬШУЮ АКТИВНОСТЬ.

Значение K_m фермента А

Фермент А с высоким сродством к субстрату

Скорость реакции (V)

V_{max}

$\frac{1}{2}V_{max}$

Фермент В с низким сродством к субстрату

Значение K_m фермента В

Концентрация субстрата (S)

АА... ВСЁ СТАНОВИТСЯ
ПОНЯТНО, КОГДА МЫ
ВЫИМ НА ГРАФИКЕ
КРИВЫЕ, ОТНОСЯЩИЕСЯ
К ФЕРМЕНТАМ А И В!

СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ
С УЧАСТИЕМ ФЕРМЕНТА
А ВОЗРАСТАЕТ
БЫСТРЕЕ, ЧЕМ В СЛУЧАЕ
С ФЕРМЕНТОМ В.

ПРАВИЛЬНО,
ПОТОМУ ЧТО
СРОДСТВО
ФЕРМЕНТА А ВЫШЕ.

РАССЧИТАЕМ V_{max} И K_m !

ИТАК, ПОПРОБУЕМ ВЫЯСНИТЬ
ЗНАЧЕНИЯ V_{max} И K_m
КОНКРЕТНОГО ФЕРМЕНТА.

ДЛЯ ПРИМЕРА
ИСПОЛЬЗУЕМ
АНК-ПОЛИМЕРАЗУ -
ФЕРМЕНТ,
НЕОБХОДИМЫЙ
ДЛЯ СИНТЕЗА АНК.

А В КАЧЕСТВЕ СУБСТРАТА
БУДУТ ВЫСТУПАТЬ НУКЛЕОТИДЫ,
ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ АНК.

ПРЕДСТАВИМ, ЧТО МЫ ПОМЕСТИЛИ
АНК-ПОЛИМЕРАЗУ В ШЕСТЬ
РАСТВОРОВ С РАЗНОЙ
КОНЦЕНТРАЦИЕЙ СУБСТРАТА*:

Концентрация субстрата
0 μM
1 μM
2 μM
4 μM
10 μM
20 μM

РЕАКЦИЯ ПРОДОЛЖАЕТСЯ 60 МИНУТ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 37 °C.

НАДЕЮСЬ,
Я СПРАВЛЮСЬ...

ПРЕДПОЛОЖИМ,
ЧТО В ХОДЕ НАШЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА БЫЛИ
ПОЛУЧЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

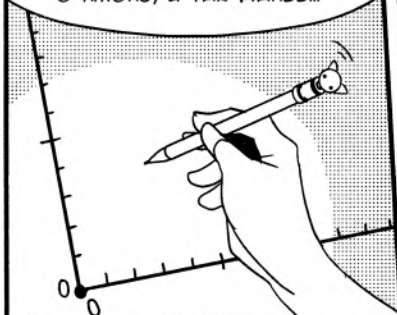
Концентрация субстрата ...	Продукт реакции
0 μM	→ 0 пмоль
1 μM	→ 9 пмоль
2 μM	→ 15 пмоль
4 μM	→ 22 пмоль
10 μM	→ 35 пмоль
20 μM	→ 43 пмоль

ЭТИ РЕЗУЛЬТАТЫ ОТРАЖАЮТ
КОНЦЕНТРАЦИЮ ПРОДУКТА
РЕАКЦИИ, ПОЛУЧЕННОГО
В ТЕЧЕНИЕ ЧАСА. СКОРОСТЬ
РЕАКЦИИ РАССЧИТЫВАЕТСЯ
ДЕЛЕНИЕМ ЭТИХ ВЕЛИЧИН НА 1 ЧАС**.

ПОКАЖЕМ ВСЁ ЭТО
НА ГРАФИКЕ!



ПРИ КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТРАТА
РАВНОЙ 0 μM КОЛИЧЕСТВО
ПРОДУКТА РЕАКЦИИ РАВНО
0 ПМОЛЬ, И ТАК ДАЛЕЕ...



ТАК-ТАК!



* НА САМОМ ДЕЛЕ НАМ КРОМЕ ПРОЧЕГО ПОНАДОБИЛИСЬ БЫ МАТРИЧНАЯ АНК, ИОНЫ
МАГНИЯ И НЕКОТОРЫЕ ДРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НО ДЛЯ НАШИХ ЦЕЛЕЙ МЫ УПРОСТИЛИ РАСЧЕТ.
** НАПРИМЕР, ДЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТРАТА РАВНОЙ 1 μM СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ БУДЕТ
РАВНА 9 ПМОЛЬ ЗА 1 ЧАС (9 ПМОЛЬ/Ч).

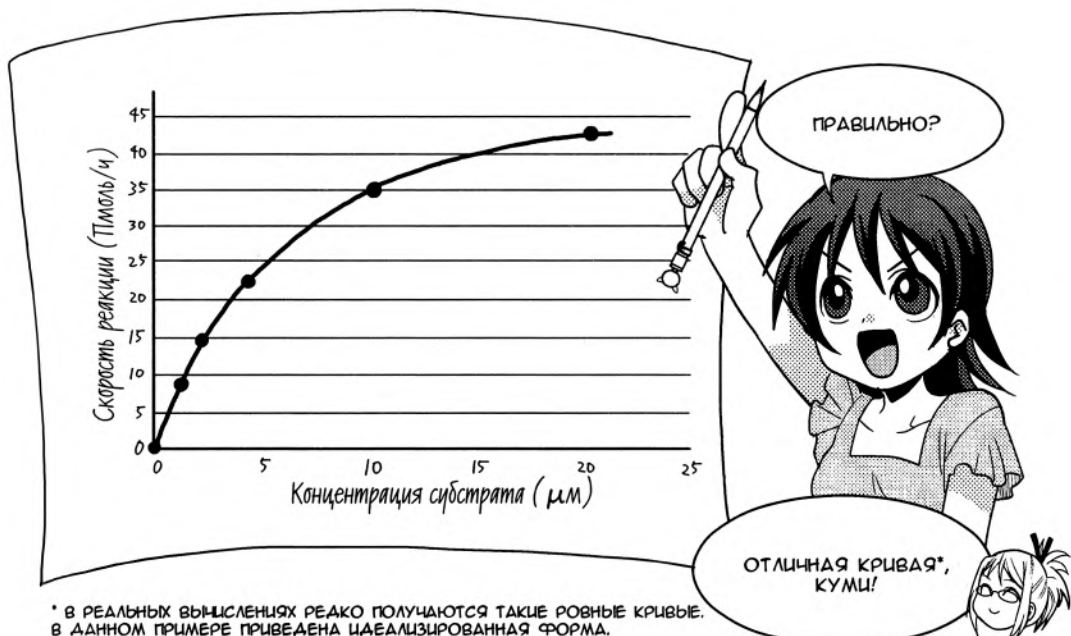
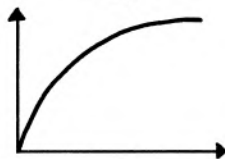




ГРАФИК ЛАЙНУИВЕР-БЕРКА
СТРОИТСЯ...

...НА ОСНОВЕ ОБРАТНЫХ ВЕЛИЧИН
ВСЕХ ЧИСЛОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ
ПО ОСЯМ X И Y.



ОБРАТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ?
ЧТО-ТО НЕ ПРИПОМНЮ,
ЧТОБЫ МЫ ИХ
ИЗУЧАЛИ...

ЭТО ПРОЩЕ ПРОС-
ТОГО! НАПРИМЕР,
ОБРАТНАЯ ВЕЛИЧИ-
НА 2 РАВНА 1/2,
ТО ЕСТЬ 0,5.

Обратная величина числа А -
это результат деления 1 на А: $1/A$.

Обратная величина 2 равна $1/2 = 0,5$.

Обратная величина 3 равна $1/3 = 0,333...$

Обратная величина 4 равна $1/4 = 0,25$.

ВСЁ ЯСНО,
НО ЗАЧЕМ
ЭТИ ВЕЛИЧИНЫ
НАМ НУЖНЫ?



ТЕОРИЮ Я ОБЪЯСНЮ ПОЗЖЕ.
А СЕЙЧАС ПОПРОБУЕМ
НАРИСОВАТЬ ГРАФИК!

Ладно...



ЕСЛИ ВЫЧИСЛИТЬ ОБРАТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ
КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТРАТА (ОТЛОЖЕННОЙ
НА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСИ X),
МЫ ПОЛУЧИМ СЛЕДУЮЩЕЕ:

Обратная величина 1 равна 1

Обратная величина 2 равна 0,5

Обратная величина 4 равна 0,25

Обратная величина 10 равна 0,1

Обратная величина 20 равна 0,05

ОБРАТНУЮ ВЕЛИЧИНУ НУЛЯ
Я ВЫВЕСТИ НЕ СМОГЛА, УЖ ПРОСТИТЕ!

А ТЕПЕРЬ ВЫВЕДЕМ
ОБРАТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ
ЧИСЕЛ НА ОСИ X.
РЕЗУЛЬТАТЫ
ПРЕДСТАВИМ
НА ГРАФИКЕ.

ХОРОШО, ЧТО Я
ДОГАДАЛАСЬ
ВЗЯТЬ КАЛЬКУЛЯТОР!



ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ У ОТЛОЖЕНЫ
СЛЕДУЮЩИЕ ЧИСЛА (КРОМЕ НУЛЯ):
9, 15, 22, 35 И 43. ИТАК...

ОБРАТНАЯ ВЕЛИЧИНА 9 - ЭТО $1/9$,
ТО ЕСТЬ 0,11. ОБРАТНАЯ ВЕЛИЧИНА 15 - $1/15$,
ТО ЕСТЬ 0,066.

СЕЙЧАС ВЫЧИСЛЮ ВСЁ ОСТАЛЬНОЕ...

Обратная величина 9 - прикл. 0,111

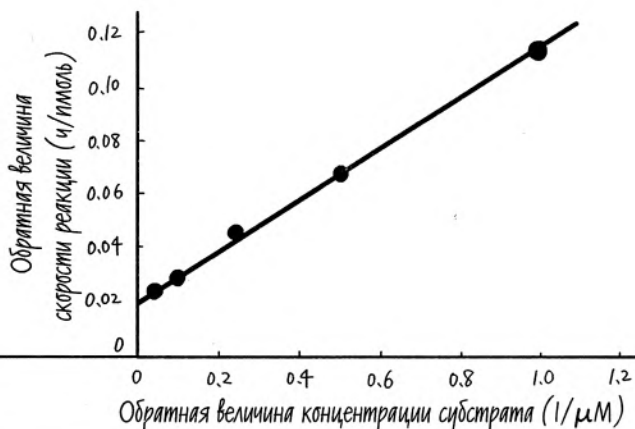
Обратная величина 15 - прикл. 0,066

Обратная величина 22 - прикл. 0,045

Обратная величина 35 - прикл. 0,028

Обратная величина 43 - прикл. 0,023

ГОТОВО!
Ой...



СТРАННО...
ПОЛУЧИЛАСЬ
ПРЯМАЯ ЛИНИЯ!

ЧУДЕСНО!

ВОТ ТЕПЕРЬ
НАСТАЛО ВРЕМЯ ОБЪЯСНИТЬ,
ЧТО ЭТО ЗНАЧИТ И ПОЧЕМУ
НАМ ПОНАДОБИЛИСЬ
ОБРАТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ.





ДЛЯ ЧЕГО НУЖНЫ ОБРАТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ?



Действительно, вот загадка! Зачем нам обратные величины, кто знает?

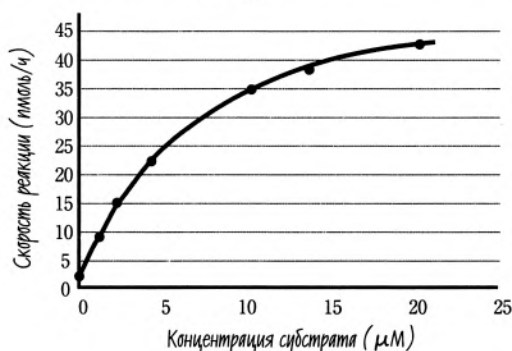


Во всяком случае не я. Математика – не мой конёк...



Не беспокойся, вместе мы разгадаем эту тайну!

Для начала сфокусируемся на $V_{\max}$. На нижеприведённом графике видно, что по мере того как концентрация субстрата возрастает, значение скорости реакции приближается к $V_{\max}$.



А ведь и верно! Чем больше концентрация субстрата, тем ближе скорость реакции к своей предельной величине – $V_{\max}$.

Если мы будем продолжать такие измерения, то сможем рассчитать $V_{\max}$, $1/2 V_{\max}$ и K_m . Верно?



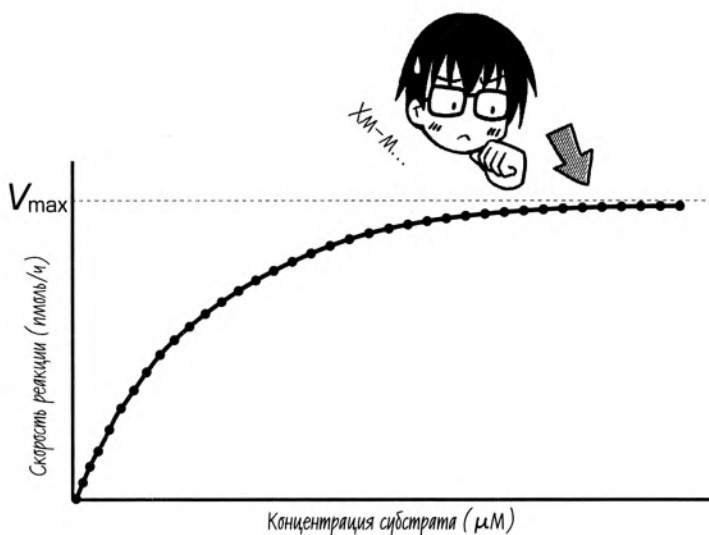
Теоретически – да. Производя измерения одно за другим, мы бы подошли к величине $V_{\max}$. Однако на практике не всё так просто.



Хм... Но почему?



По мере приближения к $V_{\max}$ замеры скорости реакции начинают «уплотняться».



Поскольку точки измерения максимально приближены друг к другу, трудно понять, в какой именно точке скорость достигает своего предела.



Похоже, что в каждой точке измерения скорость совсем чуть-чуть приближается к $V_{\max}$, но так и не достигает её...



Должен же быть какой-то выход из этого положения!



Конечно. Нам придётся изменить свой метод рассмотрения графика. Предположим, что концентрация субстрата неуклонно повышается... можно сказать, до бесконечности!



Гм-м... ну тогда результат измерений скорости неизбежно оказался бы равным $V_{\max}$!



Но не можем же мы производить расчёты с бесконечностью! Что же нам делать?

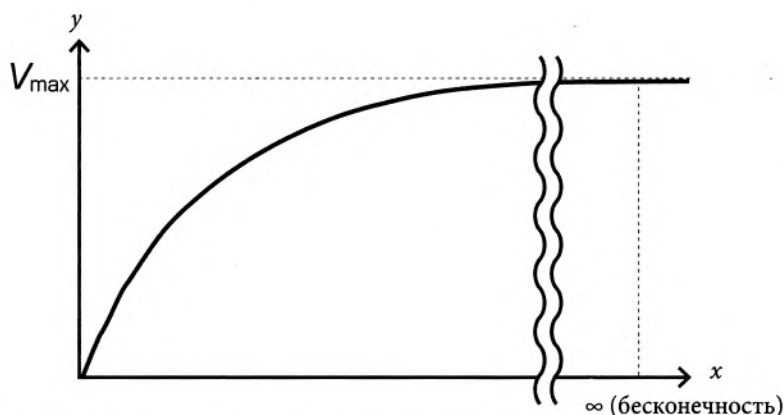


Используем маленькую хитрость. Мы можем извлечь некую пользу из того, что обратной величиной бесконечности является ноль. Поэтому когда мы вычисляем обратную величину, то при значении 0 по оси X значение по оси Y будет равно $V_{\max}$!

На самом деле числовое значение по оси Y в этот момент равно $\frac{1}{V_{\max}}$.



Выглядит это примерно так:



Шаг 1

Если значение оси X равно бесконечности, значение по оси Y равно $V_{\max}$.

Поскольку бесконечность – слишком абстрактное понятие для наших расчётов, нам необходимо заменить её чем-то более «практичным», значимым для реального мира. Поэтому мы рассчитаем обратные величины только для чисел, отложенных по осям X и Y.



Шаг 2

При значении по оси X равном $\frac{1}{\infty}$ значение по оси Y составит $\frac{1}{V_{\max}}$.

Мы знаем, что обратная величина бесконечности равна 0.

Шаг 3

При значении по оси X равном 0 значение по оси Y составит $\frac{1}{V_{\max}}$.

Если мы построим график на основе этих данных, то сможем точно рассчитать значение $V_{\max}$.



Невероятно, но... кажется, мы справились со своей задачей! Да-а, вынуждена признать, что графики не так уж кошмарны, как я думала до сих пор.



Теперь ты понимаешь, на чём основаны наши расчёты. Не правда ли, жизнь налаживается? До чего же интересно заниматься наукой!

А теперь вернёмся к графику, который ты построила чуть раньше – к тому, на котором изображена прямая линия. И попытаемся вычислить значение $V_{\max}$.

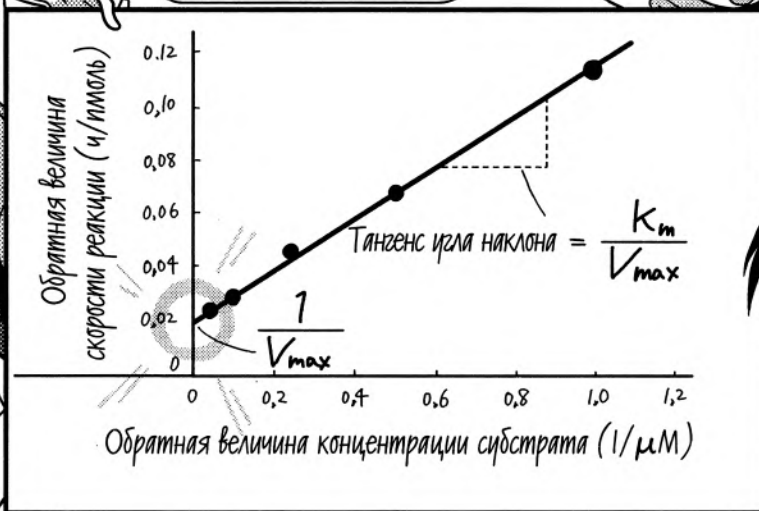


Конечно! Теперь всяческие графики и обратные величины мне нипочём!

ВЗГЛЯНЕМ НА ГРАФИК. ПРИ НУЛЕВОМ
ЗНАЧЕНИИ ПО ОСИ X ЗНАЧЕНИЕ ПО ОСИ Y
РАВНО ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО 0,019.
ЭТО ЗНАЧИТ, ЧТО ЗНАЧЕНИЕ V_{max}
ДНК-ПОЛИМЕРАЗЫ
ДЛЯ ДАННОЙ РЕАКЦИИ РАВНО 1/0,019,
ТО ЕСТЬ ПРИМЕРНО 52,6.

ДРУГИМИ СЛОВАМИ,
КОГДА ДНК-ПОЛИМЕРАЗА
ВСТУПАЕТ В РЕАКЦИЮ
С НУКЛЕОТИДАМИ,
ТО В РЕЗУЛЬТАТЕ
СИНТЕЗИРУЕТСЯ ОКОЛО
52,6 ПМОЛЬ ДНК* В ЧАС**.

УРА!
МЫ ВЫВЕЛИ V_{max} !



НЕ ТОРОПИСЬ, КУМИ!
ЭТО ЕЩЁ НЕ ВСЁ.
ПО ЭТОМУ ГРАФИКУ
НАМ ПРЕДОИТО
ОПРЕДЕЛИТЬ
И ВЕЛИЧИНУ K_m !

K_m

ЕСЛИ ТЫ ПРИСМОТРИШЬСЯ
К ГРАФИКУ ОБРАТНЫХ
ВЕЛИЧИН, ТО УВИДИШЬ,
ЧТО ТАНГЕНС УГЛА НАКЛОНА
ПРЯМОЙ ЛИНИИ РАВЕН

$$\frac{K_m}{V_{max}}$$

НАДЕЮСЬ, КУРС
АЛГЕБРЫ ТЫ
ПОМНИШЬ - ОН
НАМ СЕЙЧАС
ПРИГОДИТСЯ...

* НА САМОМ ДЕЛЕ ЭТА ВЕЛИЧИНА ЗАВИСИТ ОТ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ И ТИПА ДНК-ПОЛИМЕРАЗЫ.
ЗНАЧЕНИЕ 52,6 ПМОЛЬ/Ч ВЗЯТО ТОЛЬКО ДЛЯ ПРИМЕРА.

** НАПОМИНИ: ВРЕМЯ РЕАКЦИИ СОСТАВЛЯЛО 60 МИНУТ.

ВОСПОЛЬЗУЕМСЯ УРАВНЕНИЕМ МИХАЭЛИСА-МЕНТЕН, ЧТОБЫ ВЫЧИСЛИТЬ K_m И V_{max} !

$$v = \frac{V_{max} [S_0]}{[S_0] + K_m}$$

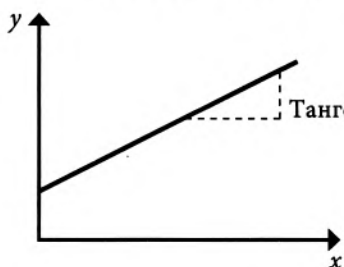
Если мы вычислим обратную величину $\frac{1}{v}$,
то получим...

$$\frac{1}{v} = \frac{[S_0] + K_m}{V_{max} [S_0]} = \frac{[S_0]}{V_{max} [S_0]} + \frac{K_m}{V_{max} [S_0]} = \frac{1}{V_{max}} + \frac{K_m}{V_{max}} \times \frac{1}{[S_0]}$$

ЗА ДЕЛО!



Другими словами, мы можем начертить график прямой линии $y = ax + b$, где $y = \frac{1}{v}$



$$x = \frac{1}{S_0}$$

$$a = \frac{K_m}{V_{max}}$$

$$b = \frac{1}{V_{max}}$$

ЛИНЕЙНАЯ ФУНКЦИЯ! ПРИПОМИНАЮ ЧТО-ТО ТАКОЕ ИЗ ШКОЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ...

ТЫ ПРАВА! ГРАФИК ЛИНЕЙНОЙ ФУНКЦИИ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ПРЯМУЮ ЛИНИЮ, ЧТО ВЕСЬМА ОБЛЕГЧАЕТ НАШУ РАБОТУ.

КАК БЫ ДАЛЕКО НИ ПРОТЯНУЛАСЬ ЭТА ПРЯМАЯ, ОНА ВСЕГДА БУДЕТ СООТВЕТСТВОВАТЬ ФОРМУЛЕ!





ПОНЯТНО. АЛГЕБРА, МЕТОД ПОАСТАНОВКИ ЧИСЕЛ... ВОТ И ВСЯ ЗАДАЧА.

В НАШЕМ ПРИМЕРЕ ПРИ ЗНАЧЕНИИ $y = 0$ ЗНАЧЕНИЕ x СОСТАВЛЯЕТ ОКОЛО $-0,15$.

А ЭТО ЗНАЧИТ, ЧТО В ДАННОЙ РЕАКЦИИ ЗНАЧЕНИЕ K_m АНК-ПОЛИМЕРАЗЫ РАВНО $1/0,15$, ТО ЕСТЬ ОКОЛО $6,67 \mu M$.

ЧУАНЕНЬКО! С V_{max} И K_m МЫ РАЗОБРАЛИСЬ!

ГРАФИК ЛАЙНВЕЙВЕРА-БЕРКА ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ФЕРМЕНТОВ. ЕСЛИ ТЫ УСВОИШЬ ЭТУ ПРЕМУДАРСТЬ, ТЫ НА ПУТИ К БОЛЬШОЙ НАУКЕ!

ДАВАЙТЕ Я ПОВТОРЮ... ДЛЯ НАЧАЛА ВЫЧИСЛЯЕМ ОБРАТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПАРАМЕТРОВ РЕАКЦИИ. ЗАТЕМ ПЕРЕНОСИМ ИХ НА ГРАФИК. ПОЛУЧАЕТСЯ ПРЯМАЯ ЛИНИЯ...

ПРИМЕНИВ АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ, ВЫЧИСЛЯЕМ ЗНАЧЕНИЯ V_{max} И K_m ...

ЛАЙНВЕЙВЕР И БЕРК, ТРЕПЕШИТЕ!..

4. ФЕРМЕНТЫ И ИНГИБИТОРЫ

Задумаемся над вопросом: почему для вычисления $V_{\max}$ и K_m нам нужны уравнения и графики?

Во-первых, наша задача – показать, что реакции, катализируемые ферментами, протекают по чёткому «сценарию» – в соответствии с законами химии и математики. Их параметры можно вычислить без труда.

Во-вторых, учёным, исследующим работу ферментов или связанные с этим процессы, значения $V_{\max}$ и K_m нужны в научных целях. В частности, это важно для изучения взаимодействия ферментов с ингибиторами. *Ингибитор* – это вещество, которое влияет на связывание фермента и субстрата либо на фермент как таковой. В результате снижается активность фермента.

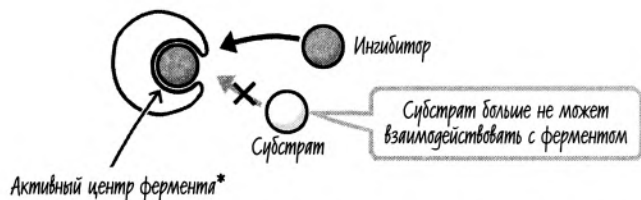
Многие ингибиторы синтезируются искусственным методом и используются для изучения ферментов. Для живых организмов ингибиторы зачастую токсичны, поскольку они замедляют действие ферментов. Тем не менее им можно найти полезное применение: в частности, они уничтожают раковые клетки.

Ингибиторы встречаются и в природе. Их так и называют – *природными* (в противовес *синтетическим*). Некоторые ингибиторы образуются непосредственно в клетках живых организмов и играют важную роль в регулировании реакций с участием ферментов. Ингибиторы могут образовываться в том числе и в клетках растений. Например, семена некоторых бобовых содержат натуральные ингибиторы α -амилазы и трипсина. Эти ингибиторы известны под названием *антипитательных факторов*. По мнению учёных, они являются частью защитного механизма растений, благодаря которому их не поедают животные.

Если ингибитор по своей структуре похож на субстрат, он может достаточно легко связываться с ферментом. Однако, поскольку ингибитор всё-таки незначительно отличается от субстрата, химической реакции не происходит. Тем не менее фермент, будучи связанным с другим веществом, уже не может вступить в реакцию с субстратом. На самом деле существует несколько типов ингибирования ферментов. Мы можем получить более подробное представление о том, что происходит, используя уравнение Михаэлиса-Ментен.

Сейчас мы обсудим два типа ингибирования ферментов: конкурентное и неконкурентное.

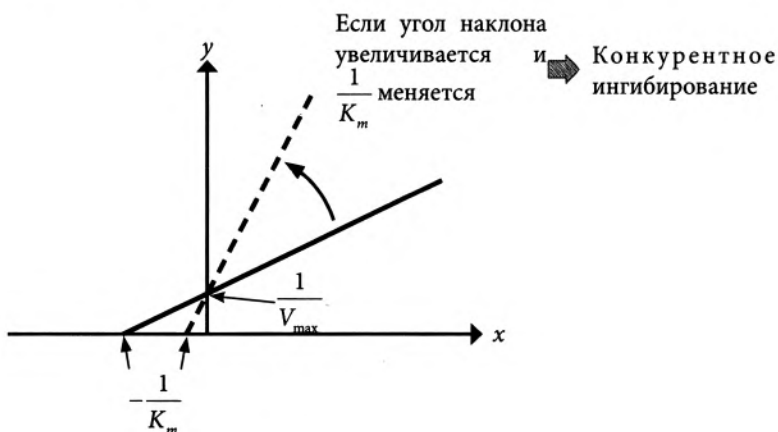
Конкурентное ингибирование происходит, когда вещество, очень близкое по структуре к субстрату, связывает фермент и тем самым делает невозможной его реакцию с субстратом.



* Активный центр фермента – то место, где возникает связь с субстратом, обуславливающая каталитическое действие фермента.

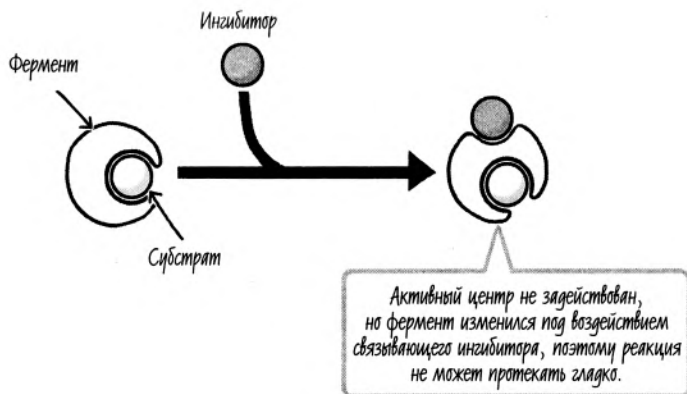
Поскольку ферменты по-прежнему активны, максимальная скорость реакции $V_{\max}$ остаётся прежней, но значение K_m возрастает. Причина в том, что некоторые ферменты произвольным образом образуют связи с ингибиторами. В результате ферменты медленнее взаимодействуют с субстратами – достигается примерно тот же эффект, что и при сниженной концентрации субстрата.

В случае добавления конкурентного ингибитора угол наклона прямой линии на графике Лайнуивера-Берка будет больше, как показано на рисунке ниже. Заметьте, что $1/V_{\max}$ (точка пересечения с осью Y) при этом не меняется.



А вот точка пересечения с осью X изменилась. Таким образом, если в процессе реакции фермента вы добавили некий ингибитор, произвели измерения, отразили результаты на графике и увидели, что значение K_m увеличилось, то перед вами ингибитор конкурентного типа.

Неконкурентное ингибирование означает, что ингибитор вступает во взаимодействие с той частью фермента, которая не участвует в реакции с субстратом. Однако способность фермента вступить в реакцию всё равно снижается.



В этом случае ингибитор не блокирует субстрат – он просто выводит ферменты из игры. K_m остаётся без изменений, поскольку это значение зависит от концентрации субстрата. А вот максимальная скорость реакции постепенно уменьшается по мере роста содержания ингибитора. То же самое происходит, когда уменьшается концентрация фермента.

Это означает, что при добавлении неконкурентного ингибитора угол наклона прямой на графике Лайнуивера-Берка увеличивается (см. ниже). Но, в отличие от конкурентного ингибирования, точка пересечения с осью Y меняется, а с осью X – нет.



Поскольку ингибиторы существенно влияют на ферментативные реакции, эти вещества обычно используют в научных опытах, которые проводятся с целью изучения структуры ферментов или механизмов химических реакций. Кроме того, ингибиторы задействованы в некоторых исследованиях, посвящённых проблемам рака. Их в небольших количествах используют для ингибирования ферментов, способствующих разрастанию раковых клеток.

АЛЛОСТЕРИЧЕСКИЕ ФЕРМЕНТЫ

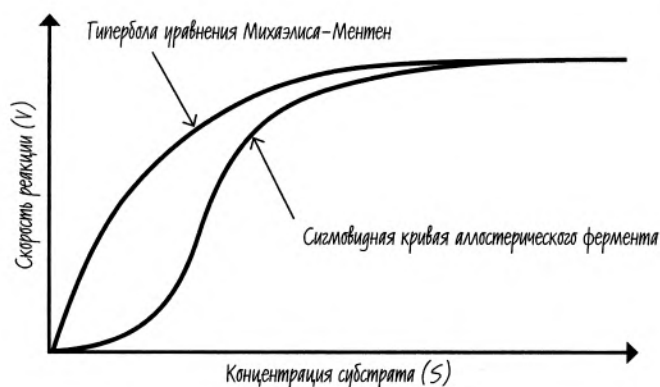
ПРОВЕРКА



До сих пор мы говорили о ферментативных реакциях, к которым применимо уравнение Михаэлиса-Ментен. Однако многие ферменты обнаруживают активность, которая не может быть описана этим уравнением.

К ним относятся и так называемые *аллостерические ферменты*, которые отвечают на сигналы внешней среды, меняя свою активность. Этот эффект и называется аллостерическим. Например, связь субстрата с некоторой субъединицей может вызвать изменение трёхмерной структуры фермента, в результате чего улучшится способность субстрата к образованию связи с другой субъединицей. В этом случае соотношение концентрации субстрата и скорости реакции представляет так называемая *сигмоидная кривая*, то есть кривая, по форме напоминающая букву S. (Для уравнения Михаэлиса-Ментен, как мы помним, была характерна гипербола – см. ниже.)

Здесь мы не будем вдаваться в подробности, однако следует знать, что многие ферментативные реакции достаточно сложны и не могут описываться каким-то одним уравнением. Для большинства таких реакций характерны разнообразные и сложные типы активности.



СЕГОДНЯШНИЙ
УРОК БЫЛ НЕ ИЗ
ЛЁГКИХ! КАК ТЫ,
КУМЦ?

Йи-и-их...

СУПЕР!

К КОНЦУ УРОКА
РАСЧЁТЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО
УСЛОЖНИЛИСЬ.
НО Я РАДА,
ЧТО СМОГЛА ВСЁ ЭТО
УСВОИТЬ...

Ш-ш-шшх

Стук-стук

К ТОМУ ЖЕ
Я ВЫЯСНИЛА,
ЧТО ФЕРМЕНТЫ -
ЭТО ТАКИЕ
СИМПАТЯШКИ...

ЧТО?..

ОНИ МОГУТ СДЕЛАТЬ
ВЫСОЧЕННУЮ СТЕНУ НИЖЕ,
ТАК ЧТО МЫ ЧЕРЕЗ НЕЁ
ЛЕГКО ПЕРЕПРЫГНЕМ!

Да не за что!

Спасибо!

НУ, ЭТО ВСЁ
УСЛОВНО.
В РЕАЛЬНОСТИ
ДЕЛО ОБСТОИТ
ЧУТЬ ИНАЧЕ...

СОГЛАСНА
С ТОБОЙ, КУМИ...
В ТОМ ЧТО
КАСАЕТСЯ
"СИМПАТЯШЕК".

Хе-хе...

КОГДА МЕЖАУ МОЛОДЫМ
ЧЕЛОВЕКОМ И ДЕВУШКОЙ
СТОИТ НЕПРОБИВАЕМАЯ
СТЕНА...

...ПОДХОДЯЩИЙ ФЕРМЕНТ
И ЕЁ РАЗРУШИТ!

РОЛЬ ЭТОГО
ФЕРМЕНТА -
КАТАЛИЗ...
ВЗАИМО-
ОТНОШЕНИЙ.

Хи-хи...

ПРОФЕССОР КУРОСАКА!
МОЖЕТ, ОБСУДИМ
ЭТУ ТЕМУ
НА СЛЕДУЮЩЕМ УРОКЕ?!

ЧТО ЭТО ОН?

М-АА, ПОЖАЛУЙ,
СЛЕДУЮЩИЙ УРОК -
ПОСЛЕДНИЙ, ТАК ЧТО
ВАМ НАДО ПОЛУЧИТЬ
К НЕМУ ПОДГОТОВИТЬСЯ! ОСОБЕННО
ТЕБЕ, НЕМОТО.

ПОСЛЕДНИЙ УРОК...
КАК ЖАЛКО!

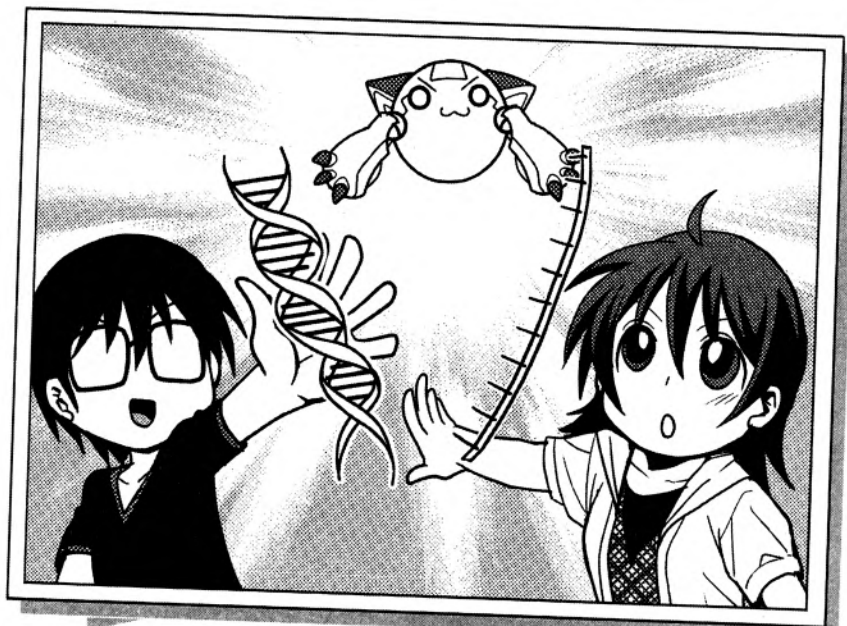
Фух...

Ух...

5

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

.....



1. ЧТО ТАКОЕ НУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА?

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

МЫ УЖЕ УСПЕЛИ ОБСУДИТЬ МНОГИЕ ВЕЩЕСТВА, ИМЕЮЩИЕ ВАЖНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИОХИМИИ: БЕЛКИ, ЛИПИДЫ, УГЛЕВОДЫ. НО ПОКА ОБОШЛИ ВНИМАНИЕМ НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ...

КАК МОЖНО ДОГАДАТЬСЯ ПО НАЗВАНИЮ, НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ – ЭТО КИСЛОТЫ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ЯДРЕ (Лат. Nucleus) КЛЕТОК.

БЛАГОДАРЯ РОБОКОТУ МЫ СУМЕЛИ РАССМОТРЕТЬ ЯДРО КЛЕТКИ ВО ВСЕХ ПОДРОБНОСТЯХ (СМ. ГЛАВУ 1). МЫ НАЗВАЛИ ЕГО "ХРАНИЛИЩЕМ ДНК".



АГА... ОНО ТАКОЕ БОЛЬШОЕ, КРУГЛОЕ... И НАВЕРНЯКА ОЧЕНЬ ВАЖНОЕ.

КОРОТКО ГОВОРЯ, НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ КЛЕТКИ: ВЕДЬ ИМЕННО В НИХ ХРАНИТСЯ ИНФОРМАЦИЯ, ЗАПИСАННАЯ В ГЕНАХ.

Нуклеиновая кислота

ПОНЯТНО-ПОНЯТНО! ДНК – ЭТО ЯЗЫК, НА КОТОРОМ ГОВОРЯТ ГЕНЫ...

ВЕРНО. НО ДНК СОСТОИТ НЕ ТОЛЬКО ИЗ ГЕНОВ.

АА, ГЕНЫ – ВСЕГО ЛИШЬ ЧАСТЬ СТРУКТУРЫ ДНК. ОНИ ИСПОЛЮЮТСЯ В КАЧЕСТВЕ "ШАБЛОНА" ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БЕЛКА.

БЕЛКИ ФОРМИРУЮТСЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ, ЗАКОДИРОВАННОЙ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НУКЛЕОТИДОВ (ТО ЕСТЬ ИХ РАСПОЛОЖЕНИИ В МОЛЕКУЛЕ ДНК)*.

ДНК



Ген

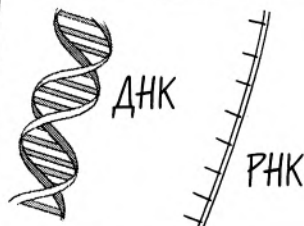
Ген

* ГЕНЫ ТАКЖЕ СОДЕРЖАТ "ШАБЛОНЫ" И ДЛЯ РНК.

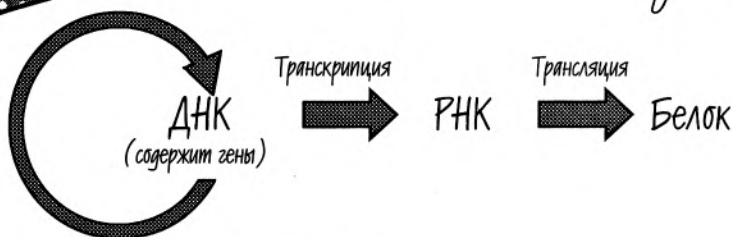


ВСЁ ПРАВИЛЬНО!
А ТЕПЕРЬ РАССМОТРИМ
ЭТОТ ПРОЦЕСС ПОДРОБНЕЕ.

СУЩЕСТВУЮТ ДВА ТИПА
НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ:
ДНК (ДЕЗОКСИРИБО-
НУКЛЕИНОВАЯ
КИСЛОТА) И РНК
(РИБОНУКЛЕИНОВАЯ
КИСЛОТА).



РНК И ДНК В РАВНОЙ СТЕПЕНИ
ВАЖНЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БЕЛКОВ.



ПРО ДНК Я УЖЕ
КОЕ-ЧТО ЗНАЮ...



А ВОТ РНК -
ЭТО ЧТО-ТО
НЕПОЯТНОЕ.



НЕ ВОЛНУЙСЯ.
РНК, КОНЕЧНО, НЕ ТАК
ШИРОКО ИЗВЕСТНА, КАК ДНК...

ЛИШЬ НЕДАВНО УЧЁНЫЕ
УСТАНОВИЛИ, ЧТО ЭТО ОЧЕНЬ
ВАЖНАЯ ДЛЯ ЖИВЫХ
СУЩЕСТВ СТРУКТУРА.

ОТКРЫТИЕ НУКЛЕИНА



Швейцарский биохимик Фридрих Мишер (1844–1895) успешно выделил новое вещество из белых кровяных клеток. Материал он брал с бинтов, которые поставляли ему сотрудники больницы, расположенной неподалёку.



Фридрих Мишер



Белые кровяные клетки на бинтах... Получается, это...



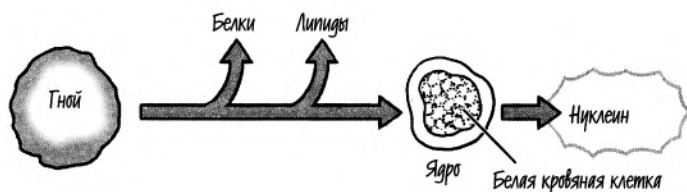
Да, вот именно. Гной.



Он исследовал гной?! Фу-у... Теперь я вижу, что биохимия – это не такая уж утончённая наука...



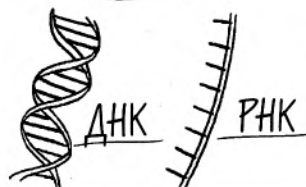
Чтобы выделить белые кровяные клетки, Мишер обрабатывал гной, добавляя в него особый фермент – *протеазу*, которая расщепляет белки. Затем учёный применял метод извлечения эфиром для удаления липидов.



Вещество, полученное из белых кровяных клеток, характеризовалось повышенной кислотностью. Мишер назвал его *нуклеином*, поскольку оно было найдено в ядрах клеток, а ядро по-латински – *nucleus*. Затем Мишеру удалось извлечь нуклеин из спермы лосося. Впоследствии нуклеин стали называть *нуклеиновой кислотой*, и в 1-й половине XX века учёные установили, что существуют два типа нуклеиновых кислот: *ДНК* и *РНК*.

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ И НУКЛЕОТИДЫ

А ТЕПЕРЬ РАССМОТРИМ
СТРУКТУРУ
НУКЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ!

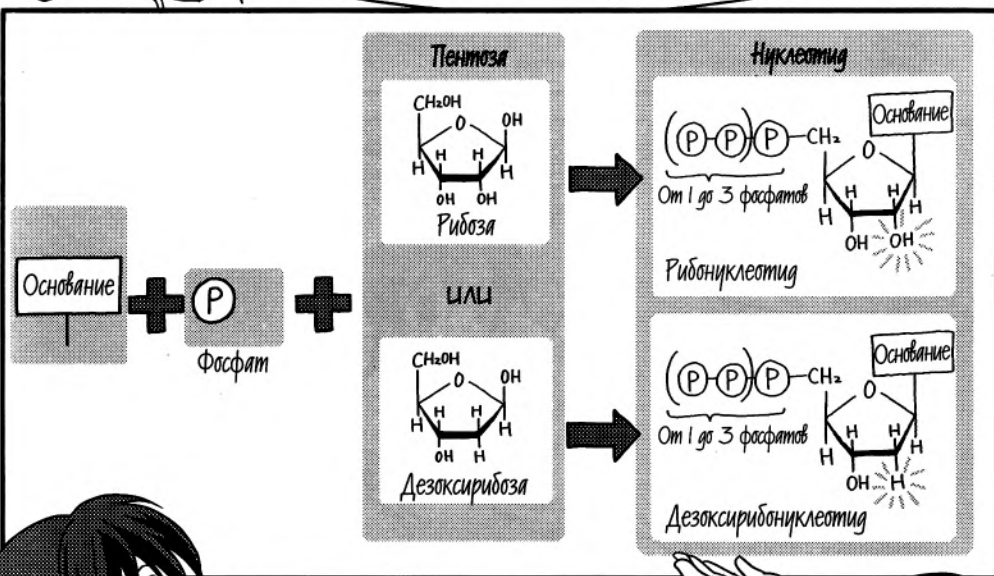


НУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА
СОСТОИТ ИЗ ДЛИННОЙ ЦЕПИ
СВЯЗАННЫХ ДРУГ С ДРУГОМ
НУКЛЕОТИДОВ*.

ясно.

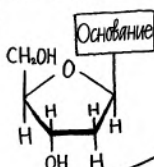
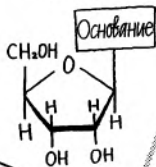
* МЫ УЖЕ УПОМИНАЛИ НУКЛЕОТИДЫ,
ОБСУЖДАЯ ГРАФИКИ В ГЛАВЕ 4.

НУКЛЕОТИД ОБРАЗУЕТСЯ ПУТЁМ СВЯЗЫВАНИЯ
ОСНОВАНИЯ, ФОСФАТА И ПЕНТОЗЫ (САХАРА,
МОЛЕКУЛА КОТОРОГО СОДЕРЖИТ
ПЯТЬ АТОМОВ УГЛЕРОДА):



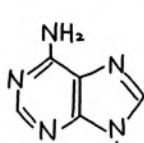
Ох...

А ЕСЛИ СВЯЗЫВАЮТСЯ
ТОЛЬКО ОСНОВАНИЕ И ПЕНТОЗА
(БЕЗ ФОСФАТА),
ФОРМИРУЕТСЯ НУКЛЕОЗИД.

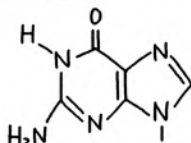


В ФОРМИРОВАНИИ
НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ
УЧАСТВУЮТ ПЯТЬ ВИДОВ ОСНОВАНИЙ:
АДЕНИН (А), ГУАНИН (Б), ЦИТОЗИН (С),
УРАЦИЛ (И) И ТИМИН (Т).

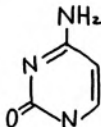
В ДНК ПРИСУТСТВУЮТ
ЧЕТЫРЕ ВИДА ИЗ ЭТИХ ПЯТИ:
А, Б, С, Т.
В РНК ТОЖЕ ЧЕТЫРЕ ВИДА:
А, Б, С, Ц



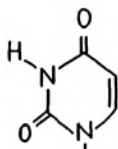
Аденин (А)



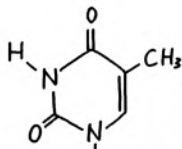
Гуанин (Б)



Цитозин (С)



Урацил (И)



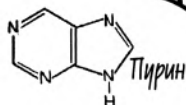
Тимин (Т)

А И Б НАЗЫВАЮТСЯ
ПУРИНОВЫМИ
ОСНОВАНИЯМИ,
А С, Ц, Т -
ПИРИМИДИНОВЫМИ.

А И Б - ЧТО Ж,
ЛЕГКО ЗАПОМИНАЕТСЯ!
АНАНАС И ГРЕЙПФРУТ -
МОИ ЛЮБИМЫЕ НАЧИНКИ
ВО ФРУКТОВЫХ
ТОРТИКАХ.

ПУРИН ИМЕЕТ ОДНО
ШЕСТИУГОЛЬНОЕ
И ОДНО
ПЯТУГОЛЬНОЕ КОЛЬЦО...

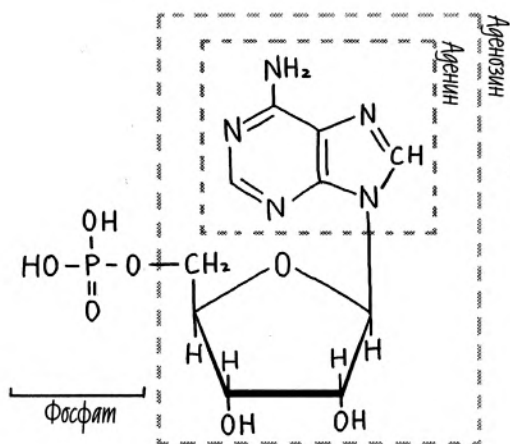
...А ПИРИМИДИН -
ТОЛЬКО ОДНО
ШЕСТИУГОЛЬНОЕ.



Пурин



Пиримидин



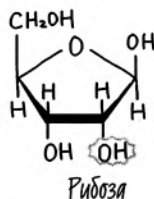
Адеозинмонофосфат

НА ЭТОЙ СХЕМЕ
ПОКАЗАНА СТРУКТУРА
НУКЛЕОТИДА
С АДЕНИНОМ (А)
В ОСНОВАНИИ.

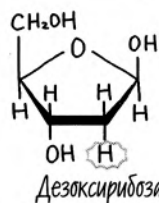
НАЗЫВАЕТСЯ ЭТО
АДЕОЗИНМОНОФОСФАТ,
ИЛИ
АДЕОЗИН-5'-ФОСФАТ.

ЕСЛИ БЫ В ЭТОМ НУКЛЕОТИДЕ
ИСПОЛЬЗОВАЛСЯ ДРУГОЙ ВИД
ПЕНТОЗЫ - НЕ РИБОЗА,
А ДЕЗОКСИРИБОЗА -
ЭТО БЫЛ БЫ
ДЕЗОКСИАДЕОЗИНМОНОФОСФАТ.

САХАР
(ПЕНТОЗА)



ИЛИ



В АНК В КАЧЕСТВЕ ПЕНТОЗЫ
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЕЗОКСИРИБОЗА,
А В РНК - РИБОЗА.

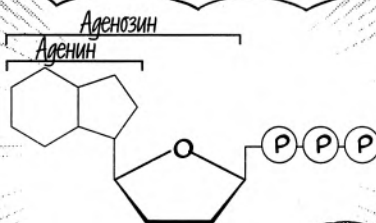
РИБОЗА, ДЕЗОКСИРИБОЗА...
ЧТО-ТО Я УЖЕ
НАЧИНАЮ ПУТАТЬСЯ.

ПОКА ЧТО ЗАПОМНИ ГЛАВНОЕ:
В АНК ИСПОЛЬЗУЕТСЯ
ДЕЗОКСИРИБОЗА,
В РНК - РИБОЗА.
ПОДРОБНОСТИ
ОБСУДИМ ЧУТЬ ПОЗЖЕ...

КСТАТИ, У АДЕНОЗИНТРИФОСФАТА СТРУКТУРА ПОХОЖАЯ – ОТЛИЧИЕ ТОЛЬКО В ТРЁХ ПРИСОЕДИНЁННЫХ ФОСФАТАХ.



АА, НО ЭТО НЕ ПРОСТО ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ – ЭТО ЕЩЁ И "СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ" ДЛЯ РНК!



НУ И НУ!
АТФ ЕЩЁ ВАЖНЕЕ,
ЧЕМ Я ДУМАЛА
ДО СИХ ПОР!



ЕСЛИ ЗАМЕНИТЬ ОСНОВАНИЕ В АДЕНОЗИНМОНОФОСФАТЕ, ТО ЕСТЬ ВМЕСТО АДЕНИНА ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЧЕТЫРЕ ДРУГИХ ОСНОВАНИЯ, ТО ПОЛУЧАТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ НУКЛЕОТИДЫ:

- ЕСЛИ ОСНОВАНИЕМ ЯВЛЯЕТСЯ ГУАНИН (G), МЫ ПОЛУЧАЕМ ГУАНОЗИНМОНОФОСФАТ ДЛЯ РНК И ДЕЗОКСИГУАНОЗИНМОНОФОСФАТ ДЛЯ ДНК.
- ЕСЛИ ОСНОВАНИЕМ ЯВЛЯЕТСЯ ЦИТОЗИН (C), МЫ ПОЛУЧАЕМ ЦИТИДИНМОНОФОСФАТ ДЛЯ РНК И ДЕЗОКСИЦИТИДИНМОНОФОСФАТ ДЛЯ ДНК.
- ЕСЛИ ОСНОВАНИЕМ ЯВЛЯЕТСЯ ТИМИН (T), МЫ ПОЛУЧАЕМ ДЕЗОКСИТИМИДИНМОНОФОСФАТ*.
- ЕСЛИ ОСНОВАНИЕМ ЯВЛЯЕТСЯ УРАЦИЛ (U), МЫ ПОЛУЧАЕМ УРИДИНМОНОФОСФАТ И ДЕЗОКСИУРИДИНМОНОФОСФАТ**.

* ПОСКОЛЬКУ ДЛЯ ТИМИНА ХАРАКТЕРНА ИМЕННО ЭТА ФОРМА, ПРЕФИКС "ДЕЗОКСИ-" ЧАСТО ОПУСКАЮТ.

** ХОТЯ УРАЦИЛ НЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ДНК, ТАКАЯ ФОРМА КАК ДЕЗОКСИУРИДИНМОНОФОСФАТ ТОЖЕ СУЩЕСТВУЕТ.

ПОНЯТНО! ЕСТЬ ДВА ВИДА ПЕНТОЗ И ПЯТЬ ВИДОВ ОСНОВАНИЙ. ЕСЛИ МЕНЯЕТСЯ ОСНОВАНИЕ, МЕНЯЕТСЯ И НУКЛЕОТИД. СОВСЕМ КАК ЯПОНСКОЕ БЛЮДО СОБА: ВСЁ ЗАВИСИТ ОТ ИНГРЕДИЕНТОВ!



ЧТО ПОЛОЖИШЬ В ОСНОВУ,
ТО И ПОЛУЧИТСЯ.
СОБА С ЯЙЦОМ,
СОБА С РЫБОЙ...



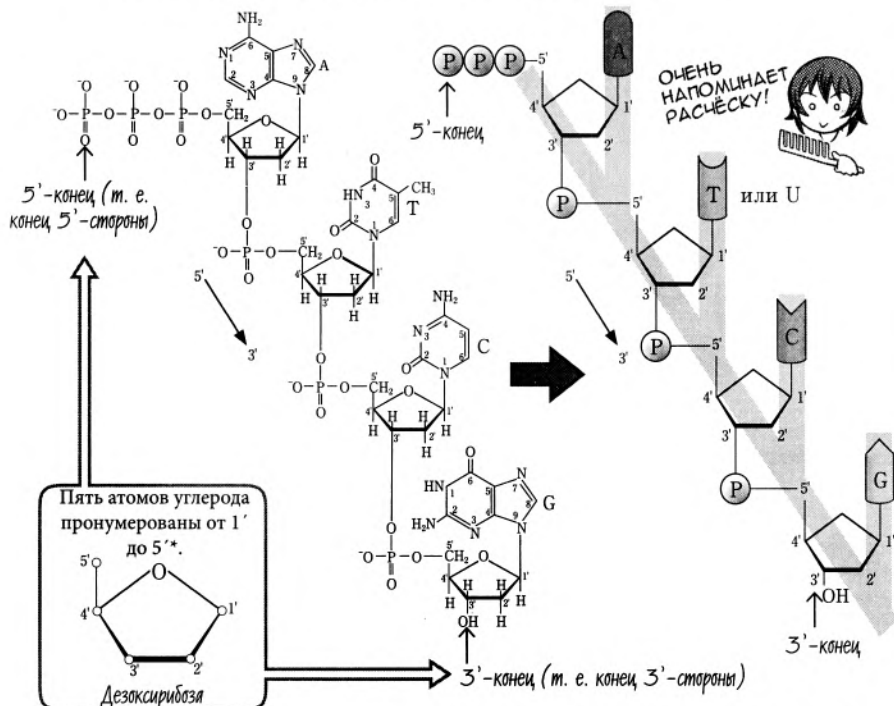
НЕ ЗАБУДЬ
ЗЕЛЁНЫЙ ЛУК
И СПЕЦИИ!



КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ ОСНОВАНИЙ И СТРУКТУРА ДНК



Нуклеиновая кислота состоит из нуклеотидов, соединённых в длинную цепь. Атомы углерода каждой пентозы, находящиеся в позициях 3' и 5', связываются с фосфатом, соединяя таким образом отдельные нуклеотиды. Такая структура называется *полинуклеотидом*.

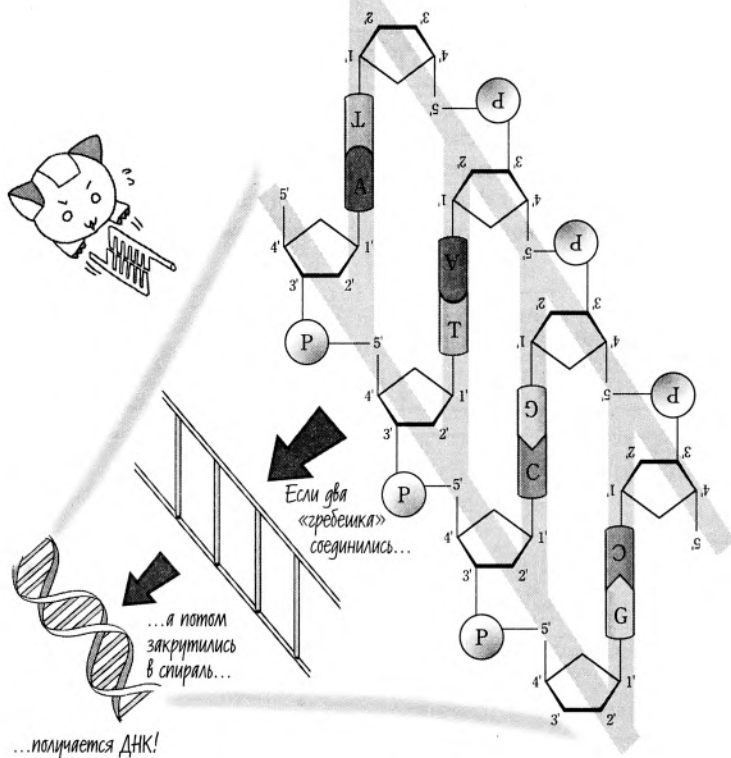


* Для нуклеотидных сахаров знак ' добавляется к числам, обозначающим порядковый номер атома углерода: например, 1', 2' и т. д. (в отличие от чисел, обозначающих номера атомов углерода в основании нуклеотида).

Полинуклеотид



Основания формируют фигуры, похожие на зубы расчёски, на одной стороне полинуклеотида. Эти «зубцы» двух нитей полинуклеотида в ДНК соприкасаются друг с другом, в результате чего образуется двойная нить, которая скручивается спиралью.



Ух ты! Эти частички, похожие на гребешки для расчёсывания, сцепляются друг с другом, так что зубцы оказываются посередине.

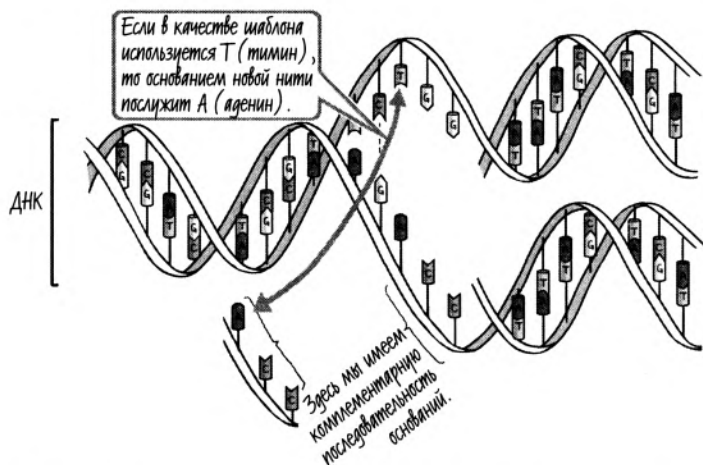


Точно. Другими словами, посредством водородных связей два основания образуют устойчивую пару, в результате чего полинуклеотиды образуют двойную нить. При этом сочетаться друг с другом могут только А и Т (с помощью двух водородных связей) или G и C (с помощью трёх водородных связей).





Такое свойство образовывать пары называется **комплементарностью**. Благодаря этому ДНК может реплицироваться. Другими словами, полинуклеотид, состоящий из двух нитей, «расплетается», так что его нити, отделённые друг от друга, становятся **шаблонами** для построения новых нитей. В результате образуются две молекулы ДНК с идентичной последовательностью оснований.



Шаблон – это что-то вроде формы для выпекания, куда ты заливаешь тесто.



Ага! При помощи такой формы можно испечь много одинаковых пирожных... Получается, что последовательность оснований, которая использовалась в нити, являющейся шаблоном, «переносится» на новую нить?



Да, так и есть. Основное отличие ДНК от других биополимеров (белков, полисахаридов, липидов) состоит в том, что она достаточно легко реплицируется.



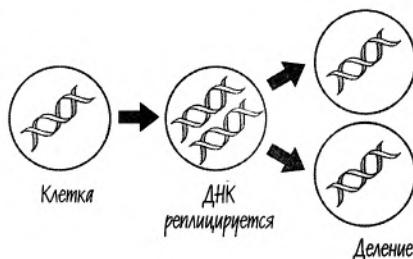
РЕПЛИКАЦИЯ ДНК. РОЛЬ ДНК-ПОЛИМЕРАЗЫ



Почему реплицируется ДНК? Поскольку в ней содержатся гены, ДНК должна воспроизводиться каждый раз, когда клетки делятся и возникают новые.



Гены передаются не только от родителей к детям, но и от одной клетки к другой. Две новые клетки, образовавшиеся в результате деления, должны наследовать одни и те же гены. Поэтому ДНК реплицируется ещё до деления клетки.



Круто!



Первым выделил фермент, участвующий в репликации ДНК (этот фермент был назван ДНК-полимеразой I) американский биохимик Артур Корнберг (1918–2007).



ДНК-полимераза – это как раз тот фермент, который мы использовали, вычисляя значения $V_{\max}$ и K_m , помнишь?



Да! Это фермент, реплицирующий ДНК? Ох уж эти ферменты, всюду они постарались!



Артур Корнберг



В 1956 году Корнберг выделил активный фермент, используемый для синтеза ДНК, из экстракта бактерии *E. coli* (*Escherichia coli*). Этот фермент можно было использовать для искусственного синтеза ДНК в пробирке. Для науки того времени это была настоящая сенсация.



Да, серьёзное открытие!..



Другими словами, ДНК-полимераза катализирует реакцию связывания следующего фосфата в составе дезоксирибонуклеотида к 3'-концу новой нити ДНК. Эта связь называется *фосфодиэфирной*.



В общем, нуклеиновым кислотам, которые хорошо сочетаются друг с другом, приходит на помощь надёжная сваха – ДНК-полимераза!..



Точно! Ха-ха-ха...



...



СТРУКТУРА РНК



РНК обычно существует в форме одной нити. Фермент под названием *РНК-полимераза* использует ДНК в качестве шаблона, связывая рибонуклеотиды в новую нить РНК.



ДНК



РНК



Кстати... вы уже говорили, что РНК – очень важное соединение, но не сказали почему...



Потерпи ещё немного, Куми. Мы к этому скоро перейдём. (Секрет будет раскрыт на стр. 220...)



Ну ладно!



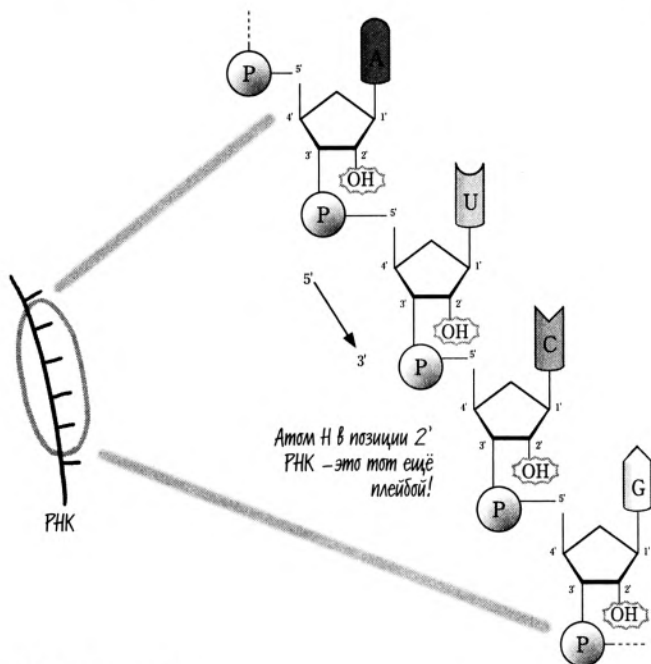
В отличие от ДНК, РНК расщепляется довольно скоро после того, как она образовалась. Помнишь, Куми, что мы говорили о дезоксирибозе?



Это пентоза в составе ДНК, но не РНК, да?



Верно. Гидроксильная группа (2'-ОН) в составе РНК присоединяется к атому углерода в 2'-позиции каждой рибозы (см. рисунок). В ДНК присоединяется только один атом водорода, отсюда и название «дезоксирибоза». А вот в РНК эта гидроксильная группа, мягко говоря, добавляет проблем! Атом Н можно с уверенностью назвать «биохимическим плейбоем»...



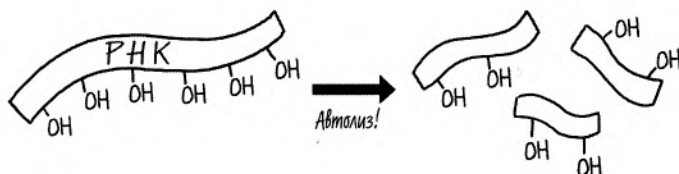
Вот как? Ну и подлец!



(А вот я бы всегда оставался верен своей избраннице...)



Из-за присутствия этой гидроксильной группы РНК подвергается *автолизу* (то есть саморазрушается). Происходит это ввиду так называемого *основного катализа* (катализа под действием оснований).



Если рассматривать О (атом кислорода) и Н (атом водорода) в гидроксильной группе как супружескую пару, то Н являет собой такого «плейбоя», которого то и дело соблазняют основания, окружающие РНК. Однако это не те основания А, U, C и G, которые мы обсуждали ранее. В данном контексте *основанием* является вещество, которое может принимать протон (H^+), – например, такое как (OH^-). Эти основания могут рассматриваться как своеобразные антагонисты кислот, поскольку они нейтрализуют друг друга.



Выходит, что протон в группе 2'–ОН забирает основание?



Да. Атому кислорода, оставшемуся в одиночестве, приходится искать нового «партнёра», с которым можно объединиться...



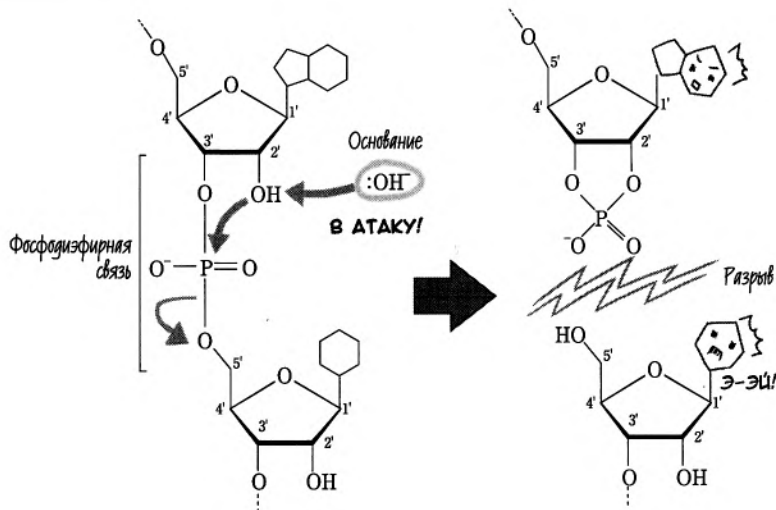
После того как протон уходит из группы, атом кислорода, несущий отрицательный заряд (O^-), присоединяется к фосфату в составе фосфодиэфирной связи соседней 3'-позиции (при помощи этой связи рибонуклеотиды соединены между собой).



В результате фосфодиэфирная связь разрывается, и цепь РНК распадается.



Как это несправедливо!



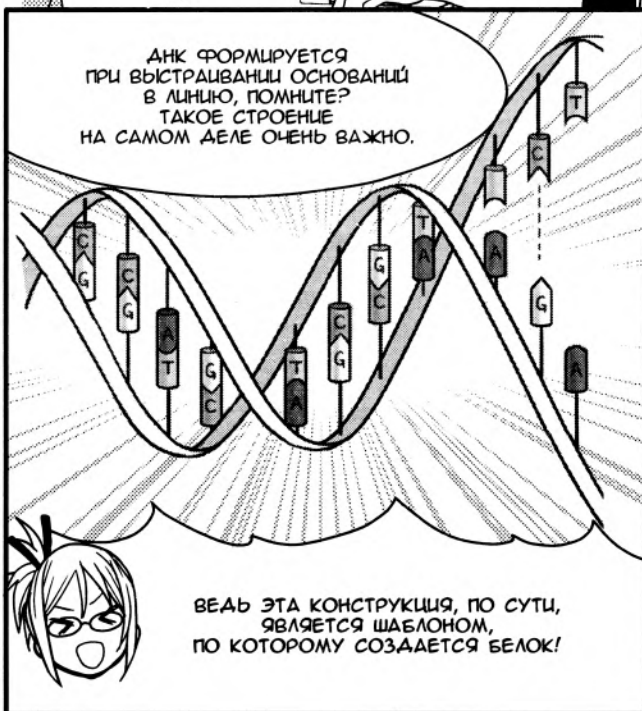
Поскольку РНК часто подвергается этому виду автолиза, она в силу своей неустойчивости не очень хорошо подходит для хранения генетической информации. ДНК гораздо надёжнее, ведь она не содержит 2'-ОН! Так что природа возложила на неё ответственность за наши гены. Но и РНК не остаётся без дела – ей отведена другая роль, не менее важная.

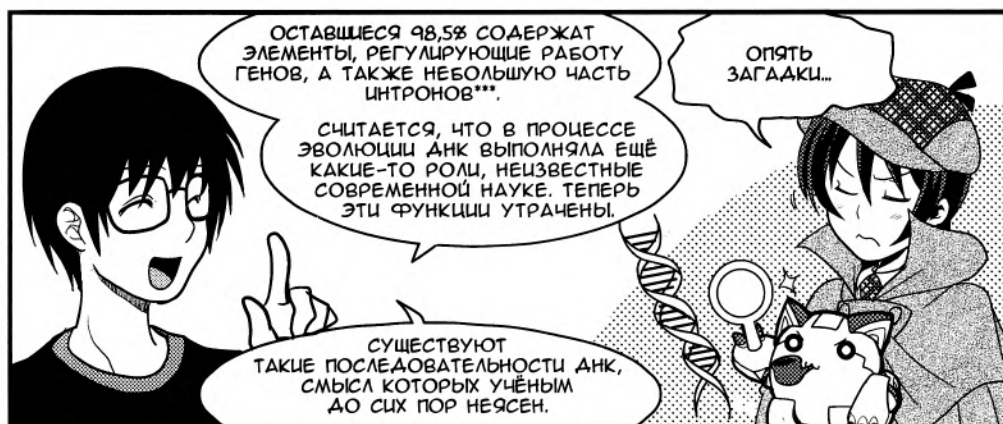


Об этом мы поговорим особо!

2. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ГЕНЫ

ДНК – ХРАНИЛИЩЕ ГЕНОВ



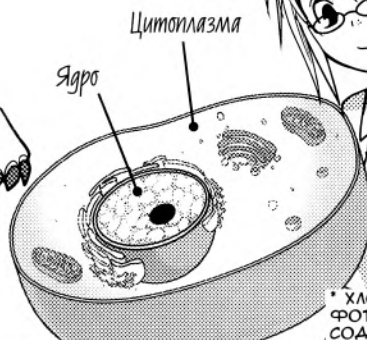


* в этой книге мы будем говорить о том, что гены "записаны" в ДНК в виде последовательности оснований.

** точнее говоря, экзон (участок, несущий генетическую информацию) составляет 1,5% генома (в целом).

*** интроны и экзоны мы обсудим подробнее на стр. 227.

ФУНКЦИИ РНК



ИТАК, ДНК ВЫСТУПАЕТ
В РОЛИ ШАБЛОНА
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БЕЛКОВ.
А НАХОДИТСЯ ОНА
В ЯДРЕ КЛЕТКИ.

ОНА НАДЕЖНО
ЗАКЛЮЧЕНА В ЯДРО
И НИКАК НЕ МОЖЕТ
ПРОНИКНУТЬ
В ЦИТОПЛАЗМУ!*

* ХЛОРОПЛАСТЫ В КЛЕТКАХ, ГДЕ ПРОТЕКАЕТ
ФОТОСИНТЕЗ, И МИТОХОНДРИИ В ЦИТОПЛАЗМЕ
СОДЕРЖАТ ОСОБЫЕ, ХАРАКТЕРНЫЕ ТОЛЬКО ДЛЯ НИХ ДНК

ПОМНИШЬ, КУМЫ,
ПРО РИБОСОМЫ,
КОТОРЫЕ СОЗДАЮТ БЕЛКИ?

Э-Э-Э...

ХЕ-ХЕ...

ВЫГЛЯДЯТ ОНИ КАК КРОШЕЧНЫЕ
КРИСТАЛЛИКИ СОЛИ. НО ПРИ
УВЕЛИЧЕНИИ МЫ УВИДИМ, ЧТО
ОНИ БОЛЬШЕ НАПОМИНАЮТ
СНЕГОВИКОВ, ТЕСНЯЩИХСЯ
ДРУГ ВОЗЛЕ ДРУГА.

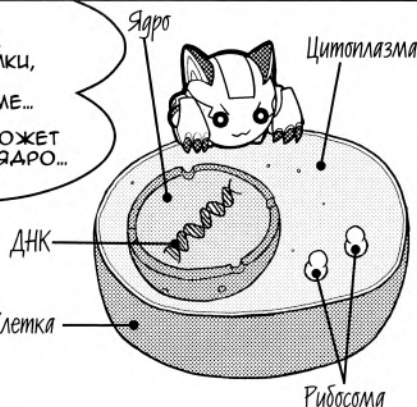
(СМ. СТР. 27)

ОНИ
ПРИКРЕПЛЯЮТСЯ
К ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ СЕТИ
ИЛИ ПРОСТО ПРЕБЫВАЮТ
В ЦИТОПЛАЗМЕ.

ЧТО ЗА НЕЗАДАЧА!..
ПОКУДА РИБОСОМЫ,
СИНТЕЗИРУЮЩИЕ БЕЛКИ,
НАХОДЯТСЯ

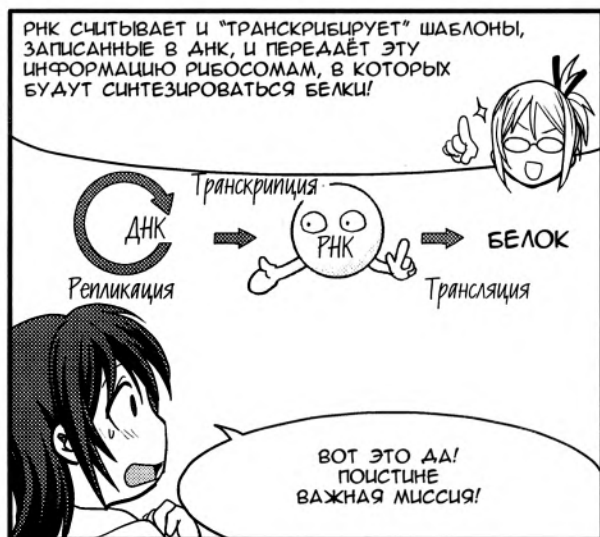
В ЦИТОПЛАЗМЕ...

...ДНК НЕ МОЖЕТ
ПОКИНУТЬ ЯДРО...



О НЕ-ЕТ!

ОНИ
ДОЛЖНЫ
БЫТЬ
ВМЕСТЕ!



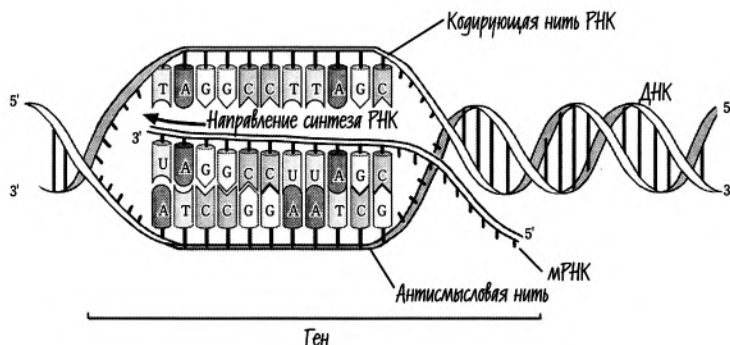
мРНК



Фермент под названием *РНК-полимераза* позволяет использовать гены, записанные в ДНК – то есть нуклеотидные последовательности – в качестве образца для синтеза РНК с комплементарными нуклеотидными последовательностями.

Этот процесс – синтез РНК на матрице ДНК – называется *транскрипцией*. А синтезированная РНК называется *матричной РНК (мРНК)*.

Рассмотрим в качестве примера ген, показанный на рисунке ниже.



У ДНК две нити, причём для каждого гена имеет значение только одна из них (то есть данная нуклеотидная последовательность используется в качестве «шаблона»). Для данного гена эта нить является *кодирующей*. Вторая же нить называется *некодирующей*, или *антисмысловой*.



Хотя нить и антисмысловая, пока что я улавливаю смысл.



Поскольку мРНК синтезируется на основе антисмысловой нити, нуклеотидная последовательность создаваемой РНК будет такой же, как в кодирующей нити. Но в случае, если у кодирующей нити основанием является Т (тимин), то в мРНК это будет U (урацил).



Синтезированная мРНК также называется *мРНК-предшественником*. В ходе химических реакций и некоторых других процессов* она превращается в полноценную мРНК, которая из ядра поступает в цитоплазму, а затем и в рибосому.



Теперь ты понимаешь, почему мы называем РНК «посланником»: она переносит важную информацию из ядра.



РРНК И ТРНК



Рибосома – это что-то вроде большой машины по производству белка, состоящей из нескольких типов РНК, называемых рибосомными РНК (рРНК), а также нескольких десятков типов рибосомных белков.



Однако они не такие крупные, как митохондрии или хлоропласты.



Да, отдельные элементы рибосомы не так уж велики, но сама она поистине впечатляет!



* Этот процесс включает *сплайсинг* – удаление интронных частей (см. стр. 227), а также добавление 5'-конца и полиаденилового «хвоста».



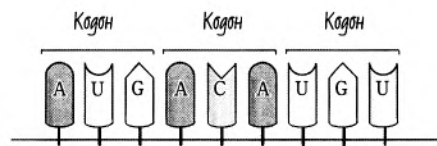
Другой тип РНК, отвечающий за перенос (транспорт) аминокислот, называется *транспортной РНК (тРНК)*. Транспортная РНК соединяет последовательности оснований мРНК с аминокислотами, необходимыми для построения закодированных белков.



Потому-то она и «транспортная», что переносит аминокислоты!



Последовательность оснований мРНК является кодом для последовательности аминокислот. Точнее говоря, три последовательно соединённых основания (так называемый *триплет*, или *кодон*) содержат код одной аминокислоты.



Каждому кодону соответствуют особые молекулы тРНК. Только тРНК с последовательностью оснований, комплементарной кодону мРНК (такая последовательность называется *антикодоном*), может присоединяться к рибосоме*.

Задача рРНК состоит в том, чтобы соединять аминокислоты, перенесённые с помощью тРНК, в длинные цепи. Аминокислоты соединяются в соответствии с последовательностью оснований мРНК (то есть последовательностью кодонов) и формируют белки, которые в свою очередь соответствуют последовательности оснований (т. е. генам) исходной ДНК.

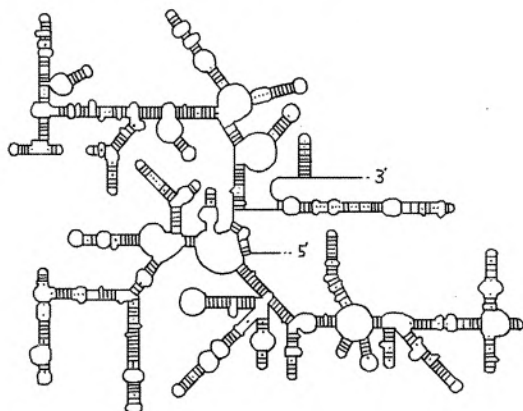


Другими словами, генетическая информация передаётся следующим образом: ДНК → РНК → белок.

* Тип транспортируемой аминокислоты, кроме прочего, определяется и антикодоном.



Вот как выглядит отдельно взятая рРНК:



Гм! Выглядит как лабиринт.



Присмотревшись внимательней, ты заметишь, что только одна «нить» РНК изогнута сложным образом. Её концы обозначены 3' и 5'.



А-а... Точно!



Когда эта «нить» РНК скручивается, её основания образуют пары. На рисунке эти парные связи обозначены линиями, напоминающими «лесенки». Спаривание оснований одной и той же «нити» – это уникальное свойство РНК, не характерное для ДНК. В зависимости от того, в какой последовательности спариваются основания, образуется бесчётное множество форм.



Круто! Как будто маленькие карандашные наброски.

РИБОЗИМЫ



Подытожим пройденное. Итак, РНК быстро распадается, однако у неё есть функции, которые не может взять на себя ДНК. РНК содержится и в ядре, и в цитоплазме, и может принимать разные формы в зависимости от последовательности оснований.



У этой молекулы весьма гибкое поведение, не правда ли!



Несомненно. Исследователи РНК небезосновательно полагали, что у неё, наверняка есть и другие важные функции помимо копирования генов и взаимодействия с рибосомами.

Рибозимы, которые независимо друг от друга открыли в 1980-е годы американский микробиолог Томас Чек и канадский молекулярный биолог Сидни Альтман, определили направление дальнейших научных исследований РНК. Мы уже говорили о том, что одна из важнейших функций белков – их способность выступать в роли ферментов, то есть катализаторов (см. стр. 153). Чек и Альтман в свою очередь установили, что такую же роль может брать на себя и РНК.



Хо!..



В итоге учёные объединили термины «рибонуклеиновая кислота» и «энзим», и получился... «рибозим».



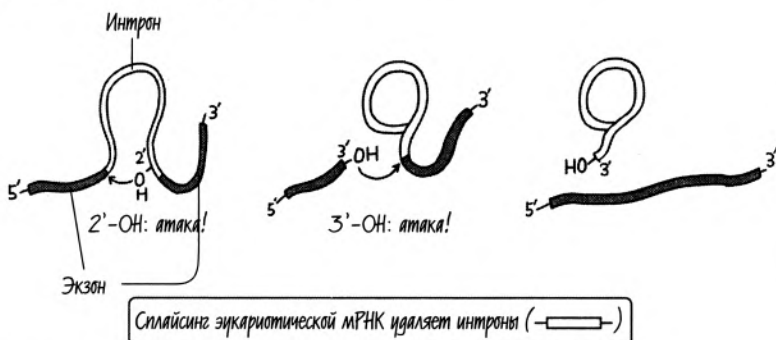


Многие рибозимы, которые были открыты в естественной среде или синтезированы искусственно, используются в построении или расщеплении РНК и ДНК.

Чек установил, что иногда определённая часть РНК сама катализирует химическую реакцию, в ходе которой удаляются элементы РНК, не являющиеся «слепокми» для построения белка, – *интроны*. Вместо них присоединяются элементы, которые участвуют в образовании белков, – *экзоны*. Этот процесс называется *аутосплайсингом** и протекает достаточно редко. Обычно в сплайсинге задействован особый фермент – *сплайсосома*. Это крупное образование, содержащее РНК и комплекс белков.



Сплайсинг затрагивает несколько гидроксильных групп (-ОН) РНК, в частности 2'-ОН и 3'-ОН.



Ой! Получилась петля!



После того как были открыты рибозимы, РНК стали рассматривать как «многозадачное» вещество, выполняющее в организме несколько важных ролей. С этих пор количество исследований, посвящённых РНК, возросло. Научные эксперименты, проведённые в XXI веке, показали, что роль РНК ещё шире, чем было принято считать; притом в клетках существует множество видов РНК. Сейчас это направление в науке стремительно развивается, и есть основания полагать, что в будущем нас ждёт немало новых открытий в этой области.

* Гены эукариотов (в том числе людей) разделяются на несколько экзонов некодирующими последовательностями оснований – *интронами*. Перед трансляцией интроны должны быть удалены из мРНК; реакция, которая приводит к этому результату, называется *сплайсингом* (от англ. *splice* – резать на куски).

3. БИОХИМИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ



«ГРЯЗНАЯ РАБОТА» В БИОХИМИИ

У современного человека, особенно городского жителя, все меньше и меньше возможностей изучать природу. В мире, где даже пятнышко на галстукe порой представляется катастрофой, большинство людей не могут даже помыслить о том, чтобы бросить комфортную жизнь и погрузиться в изучение таинств нашей планеты.

И всё-таки мы по-прежнему остаёмся детьми природы. Задолго до того как были изобретены отбеливатели и ароматизаторы, мы, как и животные, вели естественный образ жизни.

Хотя биохимия, как и другие науки, использует достижения передовых технологий, материалом для исследований являются живые организмы, продукты природы в их первозданном виде.

Будучи студентом старшего курса университета, я как-то раз пошёл в горы, чтобы собрать и исследовать некоторые растения, содержащие белки в большом объёме.

Со мной отправился студент младшего курса. Некоторое время мы ехали по дороге, вдоль которой тянулись густые заросли. Добравшись до места, где дорога заросла настолько, что автомобиль уже не мог по ней проехать, мы продолжили путь пешком. Главным объектом наших поисков было растение под названием *Phytolacca americana* (лаконос американский).

Мы нашли лаконос, принесли его в лабораторию, отмыли и измельчили при помощи ножа и ножниц, чтобы добыть искомые белки. Затем мне предстояло пойти на мясокомбинат и получить свежий тимус телёнка (поскольку эта часть несъедобна, работники с лёгким сердцем отдавали нам её бесплатно). Разрезав тимус ножницами, я положил полученные опытные образцы в холодильник. В дальнейшем они пригодились для экстракции белка, который я изучал, – ДНК-полимеразы.

Таким образом, биохимия изначально развивалась в рамках экстракции (выделения, очистки и т. д.) химических веществ из органического сырья и изучения их химических свойств.

В отличие от биохимии, молекулярная биология изучает процессы в живых клетках, рассматривая биополимеры, в частности ДНК и белки.

Молекулярные биологи могут, например, просто исследовать ДНК и РНК или создавать искусственную среду для производства белков (например, с помощью *E. coli*). Поэтому необходимости в использовании органического сырья – того же тимуса телёнка или растительных материалов – не возникает.

В некотором смысле данные, полученные в специальных лабораторных условиях, можно назвать «цифровыми». Исследования, которые проводятся в молекулярной биологии, требуют использования сверхсовременного оборудования и передовых технологий; учёным редко приходится иметь дело с такими материалами, как грязь, кровь животных...

Вот почему некоторые биохимики иной раз называют свои исследования «грязной работой». Впрочем, я полагаю, что такое отношение к своей профессиональной деятельности по меньшей мере неделикатно.

Приходится признать, что именно на «грязной работе» биохимиков во многом выстроен фундамент молекулярной биологии. Хотя молодые учёные, специализирующиеся в этой отрасли, возможно, уже не имели необходимости приобщаться к «нечистоплотным» экспериментам и не использовали иных органических материалов за исключением *E. coli*, клеточных культур и подопытных животных, биохимия и молекулярная биология так или иначе шли рука об руку, и сейчас их взаимосвязь остаётся достаточно тесной. Об этом никогда не следует забывать.



БИОХИМИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ НА РАННЕМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ

В 1897 году немецкий биохимик Эдуард Бюхнер сделал революционное открытие: ферментация происходит в экстракте дрожжевых клеток, содержащем дрожжевой белок, но не живые клетки!

Прежде учёные полагали, что ферментация – это химическая реакция, которая может осуществляться только при наличии живых клеток. Однако открытие Бюхнера подтвердило обратное.

В результате потерпела поражение *теория витализма*, которая объясняла существование жизни присутствием некоей особенной силы (духа, жизненной энергии). Вместе с тем было положено начало исследованиям химических реакций, протекающих в живых организмах, в искусственных условиях (в пробирках). Другими словами, зародилась биохимия как наука.

Тот факт, что живые клетки не обязательно должны присутствовать в экспериментах, имел исключительное значение. Не будет преувеличением сказать, что именно он предвосхитил появление новой научной отрасли – *молекулярной биологии*.

По мере того как развивались знания биохимических процессов, становилось очевидно, что в основе жизни заложены некие общие механизмы: в частности, ДНК используется в качестве генетического языка; существуют неизменные принципы «чтения» генов при создании белков; белки того или иного типа зачастую выполняют определённые функции.

Поскольку эти базовые механизмы являются общими для всех живых существ, учёные задались целью разработать методологию изучения ДНК – вещества, которое выступает в качестве шаблона для построения белков, – а также функции белков как таковых.



РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ, ОСНОВАННЫХ НА РЕКОМБИНАНТНОЙ ДНК

В 1972 году американский молекулярный биолог Пол Берг провёл первый удачный опыт с участием рекомбинантной ДНК. Используя тестовый образец в пробирке, он создал искусственную последовательность ДНК, которой не существует в природе.

Способ простого декодирования последовательности оснований ДНК разработал английский биохимик Фредерик Сенгер в 1977 году, а способ копирования (амплификации) ДНК – американский молекулярный биолог Кэри Муллис в 1985 году. После этих открытий экспериментальные методы работы с рекомбинантной ДНК стали развиваться стремительными темпами.

Технологии рекомбинантных ДНК стали набирать силу после того, как было убедительно доказано, что ДНК является генетическим языком (то есть информация, которую мы привыкли называть генами, записывается в виде последовательности оснований в ДНК). Молекулярные биологи пришли к выводу, что, имея в распоряжении одни только последовательности оснований ДНК, а также среду, в которой на основе этих последовательностей могут формироваться белки, можно было бы объяснить явления жизни, представляющие собой совокупность химических реакций с участием белков.

Например, если гены, полученные из внешнего источника, вводятся в простой организм, где эти механизмы достаточно очевидны (например, *E. coli*), с целью создания белков, то можно одновременно получить белки в большом объёме, не выполняя для этого более «грязную» работу.

Проще говоря, научная идея заключается в следующем: расшифруйте последовательности ДНК – и вы найдёте ключ к тайне жизни!



ВОЗВРАЩАЯСЬ К БИОХИМИИ

Этой задаче и отвечает молекулярная биология. Методология, используемая для достижения главной её цели, основана на исследовании рекомбинантных ДНК.

По завершении проекта «Геном человека» (ряда международных исследований, направленных на изучение последовательности генов в человеческом организме) в 2003 году акцент в научных изысканиях понемногу сместился от ДНК к белкам и РНК.

Началась, если можно так выразиться, «постгеномная» эпоха.

Независимо от того, насколько ДНК привлекает внимание учёных, независимо от развития методов её исследования и независимо от чьих бы то ни было мнений, если мы рассматриваем явления жизни как совокупность химических реакций, то по-настоящему речь идёт о работе белков и РНК.

Ведь даже если станут известны все последовательности оснований ДНК человека (то есть полный геном), мы не сможем воспользоваться этой информацией до тех пор, пока не изучим роль белков и РНК, сформированных на основе ДНК.

На сегодняшний день известны последовательности аминокислот многих белков, а также функции, которые они на себя берут. В результате функции ещё не изученных белков уже отчасти можно предугадать, исходя из наличия в них тех или иных аминокислот.

Тем не менее роль белков, неизвестных науке, предстоит выяснять биохимическими методами. Исследования этих белков, проведённые в рамках молекулярной биологии (например, с помощью рекомбинации ДНК), сколь бы обстоятельными они ни были, не прояснят работу, которую тот или иной белок совершает в живых клетках. Выражаясь метафорически, молекулярные биологи «за деревьями не увидят леса». Поскольку в конечном счёте учёных интересуют живые организмы, биохимия остаётся абсолютно необходимой академической дисциплиной.



ПРОИСХОЖДЕНИЕ КЛЕТКИ

Без сомнения, вам часто доводилось слышать выражение «происхождение жизни». Сейчас мы не будем углубляться в философские рассуждения о том, что такое жизнь. Вместо этого поразмышляем о том, какие живые организмы первыми появились на земле – другими словами, как возникли живые клетки.

Вы уже знаете, что именно в клетках происходят многие важные химические реакции; клетки могут делиться и размножаться. Собственно, эти два процесса и определяют течение жизни.

Внутриклеточные реакции, в ходе которых одно вещество преобразуется в другое, а также совокупность таких реакций, протекающих во многих клетках, называются метаболизмом.

Метаболизм в клетках должен осуществляться постоянно – с целью высвобождения энергии, необходимой для поддержания структуры клеток и для их размножения.

Помимо этого, у живых организмов существует способ *саморазмножения*, или *авторепликации*. Одноклеточные организмы часто удваивают содержимое своей единственной клетки, после чего делятся надвое. У многоклеточных организмов процесс размножения намного сложнее – у них есть специализированные половые клетки, предназначенные для развития потомства.

(Хотя термин «саморазмножение» вполне закономерен – ведь клетки действительно делятся сами собой! – это понятие многим кажется странным. Чтобы никого не смущать, мы будем использовать слово «авторепликация».)

Как метаболизм, так и репликация – это клеточные процессы, причём оба они чрезвычайно важны для возникновения жизни. Но какой из них появился раньше?

Это один из самых сложных вопросов, стоящих перед учёными, стремящимися постичь тайну зарождения жизни на Земле. Когда возник прообраз клетки – некая «ячейка», защищённая мембраной, – что происходило внутри? Некоторые учёные считают, что после того, как множество молекул образовало такую «ячейку», возник метаболизм. И только потом, когда накопилось достаточно молекул, способных вызывать репликацию, клетка приобрела способность делиться и размножаться.

Другие учёные полагают, что первая такая «ячейка» содержала реплицируемые молекулы и в конечном счёте начала делиться. Это привело к появлению метаболизма, который постепенно обусловил более совершенные способы репликации – так появились клетки.

А есть и такие учёные, которым попросту кажется нелепым спорить о том, что появилось раньше – курица или яйцо. Они убеждены, что метаболизм и репликация клеток развивались одновременно.

На сегодняшний день ясно одно: метаболизм – явление очень масштабное и крайне значимое для биохимии.

ПРОВЕДЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ОПЫТОВ

Ранее мы уже говорили о том, что функции белков можно выяснить при помощи биохимических методов (см. стр. 230–231). В чём же заключаются эти опыты?

В разных областях исследований существуют разные экспериментальные методы, но нас будут интересовать лишь некоторые из них. Ниже будут описаны техники, которые я проверял на практике.

КОЛОНОЧНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ

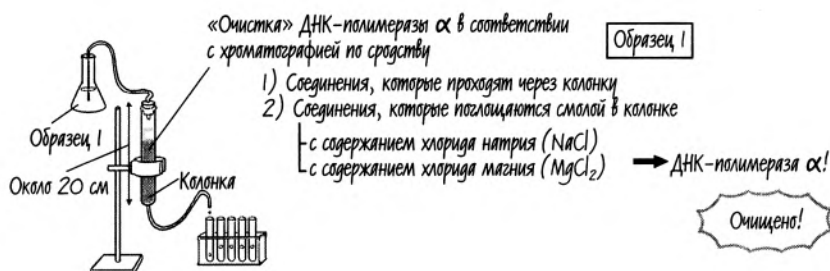
Колоночная хроматография – это экспериментальный метод выделения веществ, обладающих сходными свойствами, из смеси. Например, мы берём жидкий экстракт американского лаконоса (растения, о котором говорилось выше) или жидкость, полученную из тимуса телёнка, и извлекаем оттуда только белки с заданными свойствами. Суть метода состоит в том, что в колонку – узкую длинную трубку из стекла или другого материала помещаются особые смолы, которые притягивают одни вещества и пропускают другие.

Существуют различные типы хроматографии: ионообменная, гель-фильтрационная, аффинная. Различаются они по типу используемых смол и белков, которые отделяются с их помощью. В качестве примера мы рассмотрим способ выделения конкретного фермента – ДНК-полимеразы α – из тимуса телёнка.

Как показано ниже, тимус вначале измельчается и клетки таким образом разрушаются. Полученный раствор с высокой концентрацией соли (хлорида натрия) используется для извлечения белков и других веществ. Этот экстракт (жидкость в колбе) проходит через стеклянную трубку (колонку), где находится ионообменная смола. Одни белки остаются в колонке, а другие проходят через смолу.

Вещества, которые проходят через ионообменную смолу, накапливаются в пробирках. Затем исследователи собирают в другие пробирки вещества, которые притягиваются смолой (для этого используется жидкость с более высокой концентрацией соли). После того как ДНК-полимераза α задерживается в колонке, туда добавляется жидкость с концентрацией соли 0,5 моль на литр. Назовём полученную массу «образец 1».

На следующей странице показан метод выделения ДНК-полимеразы α из образца 1.



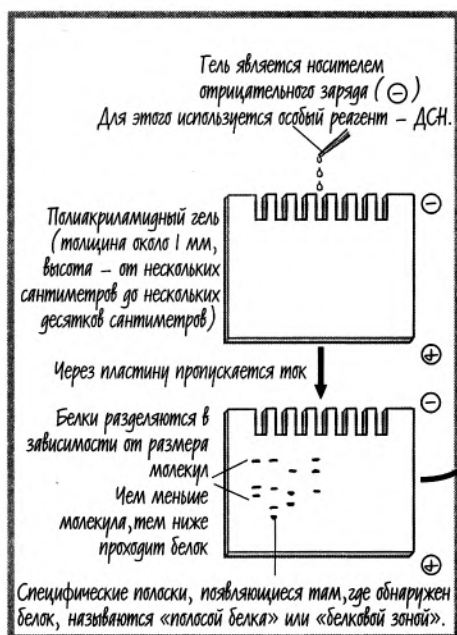
Этот метод, который называется *аффинной хроматографией*, предполагает использование небольшой стеклянной трубки, заполненной смолой в сочетании с антителом (тип белка, создаваемый в иммунной системе). Содержимое трубки может образовывать связь только с ДНК-полимеразой α . Образец 1 пропускается через смолу и делится на две части: одна удерживается, а вторая отделяется и уходит в пробирки. Задержанная часть, то есть ДНК-полимераза α , может быть отделена от смолы после добавления раствора с очень высокой (3,2 М) концентрацией хлорида магния. В результате мы получаем почти 100%-ную ДНК-полимеразу с минимальным содержанием примесей.

Таким образом, ДНК-полимераза α может быть эффективно очищена с помощью ионообменной и аффинной хроматографии.

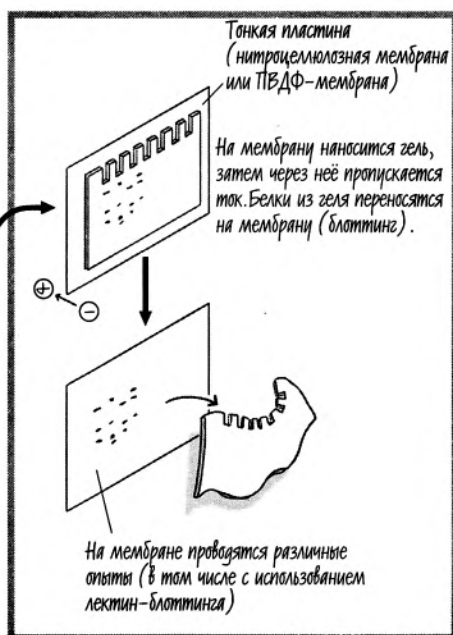
ЭЛЕКТРОФОРЕЗ И ВЕСТЕРН-БЛОТТИНГ

Сейчас мы поговорим об экспериментальных методах выделения белка, цель которых – установить, какие белки входят в опытный образец, или выяснить объём определённого белка. *Электрофорез* – это метод, в котором образец размещают на тонкой пластине из геля и пропускают через неё ток, чтобы образец прошёл сквозь гель. Обычно используется электрофорез в ДСН-полиакриламидном геле (см. рисунок слева): его принцип состоит в разделении белков с разными размерами молекул. Отделённые друг от друга белки распознаются с помощью специального реагента, например красителя или флуоресцентного маркера.

Вестерн-блоттинг (см. рисунок справа) – это перенос белков, нанесённых на гель, на тонкую пластину (с сохранением расположения белков после их разделения). Для дальнейшего тестирования на пластину добавляется антитело, которое взаимодействует только с определённым белком. *Лектин-блоттинг* – метод, который мы рассмотрим далее, – является разновидностью вестерн-блоттинга.



Электрофорез с применением ДСН-полиакриламидного геля



Вестерн-блоттинг

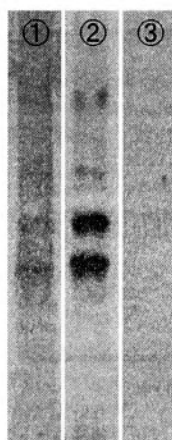
ЛЕКТИН-БЛОТТИНГ

Лектины – это белки, которые по-разному связываются с теми или иными сахарными цепями. Поскольку тип связи зависит от сахарной цепи, лектины можно использовать для идентификации типа сахарной цепи, которая связана с белком. Этот метод напоминает стандартный вестерн-блоттинг; он также предусматривает нанесение белков на тонкую пластину. Затем с белками смешивают различные лектины и выясняется, какие из них вступили в реакцию. В результате определяются типы сахарных цепей в исследуемых белках. Такая процедура называется *лектин-блоттингом*.

На рисунке ниже показан опыт, в котором особый вид лектина (агглютинин зародышей пшеницы) используется для обнаружения сахарной цепи, на конце которой находится N-ацетилглюкозамин (GlcNAc). В опыте задействована крупная белковая фракция, извлечённая из ооцита (незрелой яйцеклетки) морской звезды. Мы видим, что две большие полосы ярко светятся под действием лектина.



...реагент, который связывается с лектином, начинает светиться. Таким образом выявляются те белки, в сахарных цепях которых присутствует GlcNAc.



- ① Для всех белков используется краситель Кумасси (синий).
- ② Светиться начинают белки с сахарными цепями, на конце которых присутствует GlcNAc (см. стрелки). Это обусловлено наличием агглютинина зародышей пшеницы.
- ③ К этим белкам применяют ещё один лектин – краситель под названием конканявалин А.

Фотоснимки предоставлены Мицутака Огава
(Институт бионауки и биотехнологий Нагахама)

ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ

Как и колоночная хроматография, *центрифугирование* представляет собой экспериментальный метод, цель которого – выделение определённых органелл, белков и других биологических молекул одинаковой плотности из смеси веществ с разной плотностью. Для этого исходный раствор помещается в пробирку, которая начинает вращаться вокруг оси центрифуги с очень высокой скоростью. Если нужно выделить очень малые молекулы (например, некоторых белков), используют *ультрацентрифугирование*, когда скорость вращения пробирки составляет десятки тысяч оборотов в минуту. Таким же образом из первичной смеси выделяются ДНК и другие полимеры.



ИЗМЕРЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ

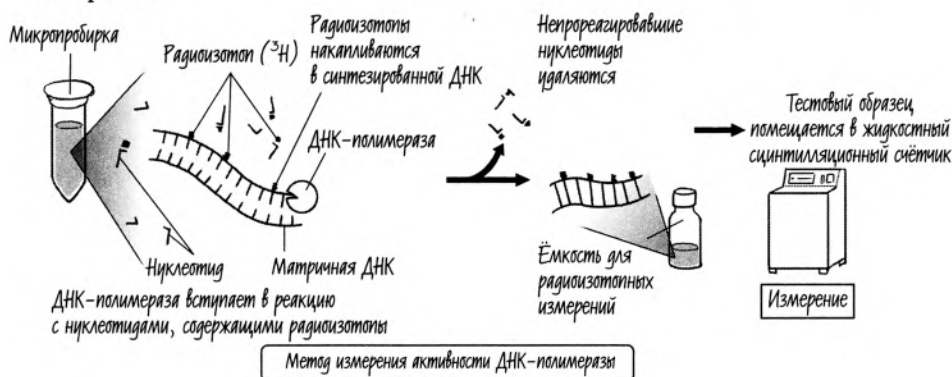
Существуют различные способы определения ферментативной активности: например, использование радиоизотопов для измерения количества продукта реакции или цветовой анализ для определения продукта реакции, который образовался под действием фермента.

В качестве примера мы рассмотрим использование радиоизотопов для измерения ферментативной активности ДНК-полимеразы, а также анализ цветной реакции для измерения ферментативной активности α -амилазы.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ ДНК-ПОЛИМЕРАЗЫ

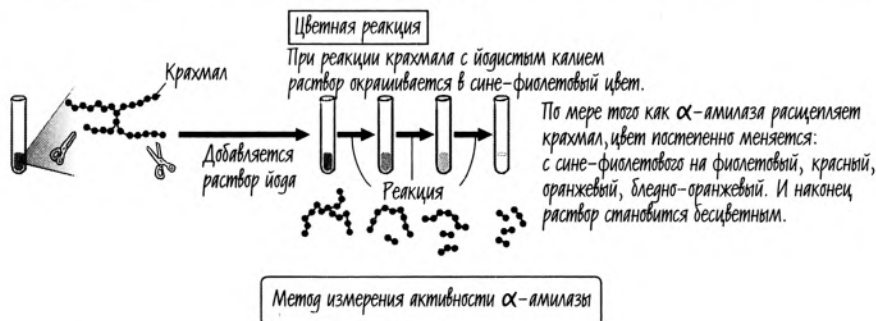
Поместим в микропробирку раствор для измерения активности вещества (с оптимальным уровнем pH для ДНК-полимеразы), а также саму ДНК-полимеразу, ДНК, которая будет выступать в качестве шаблона, нуклеотид, который послужит «сырьевым материалом», и хлорид магния (кофактор, то есть вещество, необходимое для протекания реакции). Добавим ко всему этому нуклеотид, содержащий радиоизотоп, и в течение некоторого времени будем поддерживать в микропробирке температуру 37 °C.

В ходе химической реакции нуклеотиды, содержащие радиоизотопы, будут включены в новые нити ДНК, синтезируемые при помощи ДНК-полимеразы. Удалим непрореагировавшие нуклеотиды; синтезированные нити ДНК поместим в небольшую ёмкость, а её, в свою очередь, – в устройство для измерения радиоизотопов (оно называется **жидкостный сцинтилляционный счётчик**). Чем больше радиоизотопов в ДНК, тем выше активность фермента; соответственно, выше показатели прибора измерения.



МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ α -АМИЛАЗЫ

Раствор α -амилазы, например слюну, добавляют к жидкости, в которой растворён крахмал (в пробирке). Если сразу (прежде чем крахмал расщепится) добавить в полученную жидкость раствор йода, то крахмал прореагирует с йодом и жидкость окрасится в сине-фиолетовый цвет. По прошествии времени крахмал расщепляется α -амилазой и цвет постепенно меняется от сине-фиолетового к фиолетовому, затем к красному, оранжевому и, наконец, светло-оранжевому. В конце концов, когда крахмал полностью расщепился, раствор становится бесцветным. Ферментативная активность α -амилазы может быть измерена с помощью спектрофотометра, который анализирует цвет вещества и переводит эти данные в количественные показатели.



Проекционная

ВОТ И ПОДОШЁЛ К КОНЦУ
НАШ КУРС...

Бах!

ВЫ ОБА ПРОДЕЛАЛИ
ОГРОМНУЮ РАБОТУ!

И ВСЁ БЛАГОДАРА
ВАМ, ПРОФЕССОР!

КХМ-М... КСТАТИ...

МОЖНО ЛИ ВАС
ПОПРОСИТЬ...

РАЗ УЖ НАШ
ПОСЛЕДНИЙ УРОК
ЗАВЕРШИЛСЯ...

Мой секрет -
в диете.

РАССКАЗАТЬ МНЕ О СЕКРЕТАХ
ПРАВИЛЬНОЙ ДИЕТЫ?

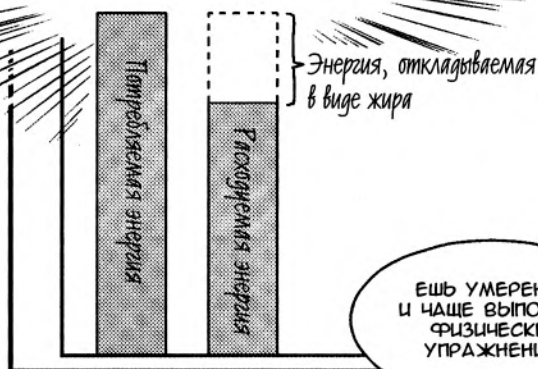


СМОТРИ...



ПОМНИШЬ
СВОЙ ОТЧЁТ?

ВОТ ЭТОТ ГРАФИК!

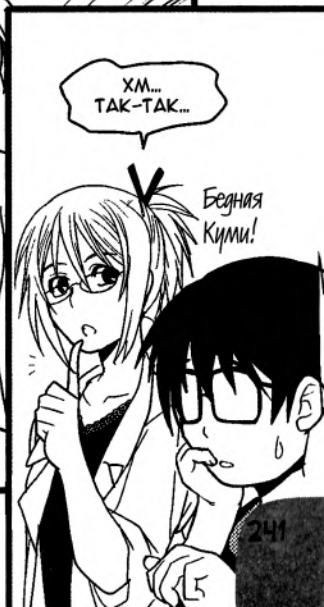


ЕСЛИ ТЫ РАСХОДУЕШЬ
БОЛЬШЕ КАЛОРИЙ, ЧЕМ
ПОТРЕБЛЯЕШЬ,
ТЫ ХУДЕЕШЬ.

ЕШЬ УМЕРЕННО
И ЧАЩЕ ВЫПОЛНЯЙ
ФИЗИЧЕСКИЕ
УПРАЖНЕНИЯ!

СУЩЕСТВУЕТ МАССА
ДИЕТ, НО ВСЕ ОНИ
ОСНОВАНЫ НА ЭТОМ
ПРИНЦИПЕ: БАЛАНСЕ
ПОТРЕБЛЯЕМОЙ
И РАСХОДУЕМОЙ
ЭНЕРГИИ!





Я ОБОЖАЮ ПИРОЖНЫЕ
И ПИЦЦУ... А УЖ ОНИ
ДО ДОБРА НЕ ДОВЕДУТ!

КОШ

МАР!

РАСТОЛСТЕЮ, КАК КОРОВА!

НУ-НУ, КУМЦ,
НЕ ПРЕУВЕЛИЧИВАЙ.
ДО КОРОВЫ ТЕБЕ ЯВНО
ДАЛЕКО.

В КРАЙНЕМ СЛУЧАЕ
БУДЕШЬ НАПОМИНАТЬ
МОРСКОГО КОТИКА...

...ИЛИ МЕДВЕЖОНКА,
КОТОРЫЙ ГОТОВИТСЯ
К ЗИМНЕЙ СПЯЧКЕ.

Скви-и!

Эй!

Скви-и!

Толстишка!

Ха-ха!

НУ И ЧТО В ЭТОМ
СТРАШНОГО?
В КОНЦЕ КОНЦОВ,
ВСЕ В ВОСТОРГЕ
ОТ ХОРОШЕНЬКИХ
УПИТАННЫХ ЗВЕРЯТ.
И ТЫ БУДЕШЬ
ТАКОЙ ЖЕ
СИМПАТИЧНОЙ.

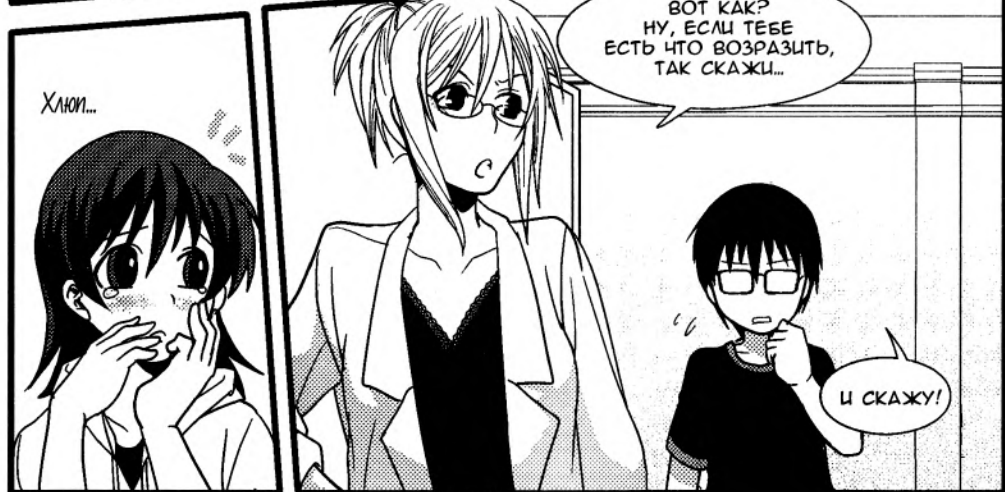
УМО-О?!

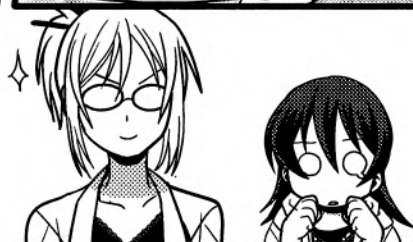
ХА-ХА-ХА

КХЕ... ПРОФЕССОР!

Ы-Ы-Ы...

У-У-У...







НЕ... НЕ...

НЕМОТО?



ХМ! Я С ТОБОЙ
АБСОЛЮТНО
СОГЛАСНА.



КУМИ -
НАСТОЯЩАЯ
КРАСАВИЦА!

В КАКОМ
СМЫСЛЕ?



А КАК ЖЕ
"МОРСКОЙ КОТИК"...

...И
"МЕДВЕЖОНОК
В СПЯЧКЕ"?



НУ... ЭТО БЫЛА
МАЛЕНЬКАЯ
ХИТРОСТЬ.

ТЫ УЖ ПРОСТИ, НЕМОТО,
НО ЕСЛИ БЫ НЕ ЭТА УЛОВКА,
ТЫ БЫ НИКОГДА
НЕ ОТВАЖИЛСЯ ПРИЗНАТЬСЯ
В СВОИХ ЧУВСТВАХ!



НУ ЧТО Ж!
СЕГОДНЯШНИЙ УРОК
УДАЛСЯ ВО ВСЕХ
ОТНОШЕНИЯХ...

Это была
ловушка...



КУМИ, ТЫ ПРЕКРАСНО
ПОТРУДИЛАСЬ
И МНОГОЕ УЗНАЛА
О ТОМ, ЧТО
ПРОИСХОДИТ У ТЕБЯ
ВНУТРИ.
НЕ ПРАВАА ЛИ?

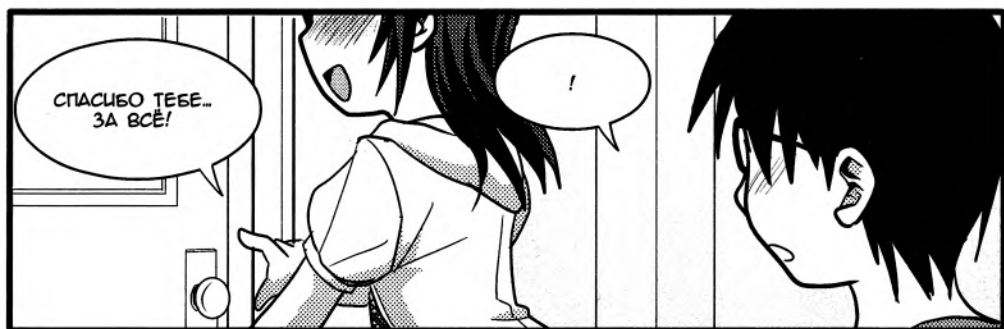
ТОЧНО. И ТЕПЕРЬ Я
ОТКАЗЫВАЮСЬ ОТ ВСЕХ ЭТИХ
ИЗНАРУТЕЛЬНЫХ ДИЕТ.



ПОМИМО ПРОЧЕГО,
ТЫ УЗНАЛА ЕЩЁ
КОЕ-ЧТО ОЧЕНЬ
ВАЖНОЕ.

Краснеют





ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

α

- α -D-глюкоза 61
- α -амилаза 143, 144, 162, 163
- измерение активности 237
- α -кетоглутарат 72
- α -связь 143

β

- β -D-глюкоза 61
- β -окисление (бета-окисление) 119, 120
- β -связь 143

А

- Автолиз 216
- Авторепликация 231
- Агенты восстановления 37
- Аденин (А) 206, 208
- Аденозиндифосфат (АДФ) 82
- Аденозинмонофосфат (АМФ) 207
- Аденозинтрифосфат (АТФ) 31, 82, 106
- структура 208
- АДФ. См. Аденозиндифосфат (АДФ)
- Акцептор водорода 54
- Алкоголь 20, 21, 153
- Аллостерические ферменты 196
- Альдегидная группа 61, 84
- Альдозы 84
- Альтман Сидни 226
- Амилоза 136–138
- Амилопектин 136–138
- Аминокислоты 154–157
- вторичная структура 159
- в углеродном цикле 45
- и фотосинтез 27, 28
- первичная структура 158
- третичная структура 160
- четвертичная структура 161
- АМФ. См. Аденозинмонофосфат (АМФ)
- Амфипатичность 93
- Анаболизм 38
- Антикодон 224
- Антипитательные факторы 193
- Антисмысловая нить 222

А

- AB0 (система классификации группы крови) 126

D

- D-форма моносахаридов 85

L

- L-форма моносахаридов 85

- Апопротеин 101
- Аппарат Гольджи 16, 17
- Артериосклероз 103, 104
- Атеросклероз 103
- Атомы 53
- АТФ. См. Аденозинтрифосфат (АТФ)
- Аутосплайсинг 227
- Аффинная хроматография 233, 234
- Ацетил-КоА 72, 86, 115–117, 120–122
- Ацил-карнитин 120, 121
- Ацил-КоА 120, 121

Б

- Базальный метаболизм 107
- Барьер активации 176
- Белки 151, 153
- аминокислоты 154–157
- вторичная структура 159
- первичная структура 158
- третичная структура 160
- четвертичная структура 161
- главные функции 152
- образование
- в клетках 18
- из аминокислот 154
- синтез 19, 27
- Берг Пол 230
- Биогеохимический цикл 42–44
- Биологический катализатор 175
- Биополимеры 37, 228
- Биохимия (определение) 6, 8
- Боковая цепь 159
- Буахнер Эдуард 229

В

- Вестерн-блоттинг 235
 - лентин-блоттинг 236
- Вино 21
- Витамин D 99
- Внешнее дыхание 38, 65
- Внутреннее дыхание 38, 65
- Водород 216
- Восстановление 37
- Вторичная структура белка 159

Г

- Галактоза 62
- Гель-фильтрационная хроматография 233
- Гем 160
- Гемоглобин 161
- Гены 19
 - генетический материал клетки 202
 - ДНК 17, 202, 203, 218, 219
 - интроны 219, 227
 - удаление (сплайсинг) 223, 227
 - РНК. См. РНК (рибонуклеиновая кислота)
 - экзоны 219, 227
- Гидролазы 119, 172, 173
- Гидролиз 173
- Гидроуглеродная цепь 95
- Гидрофильность 16, 93
- Гидрофобность 16, 93
- Гликоген 132
- Гликозидные связи 138, 141–144, 173
- Гликозилтрансфераза 169–171
- Гликокаликсный слой 125
- Гликолиз 30, 31
 - в процессе дыхания 66–68
 - расщепление глюкозы 68–70
 - роль в производстве энергии 30
- Гликолипиды 94
- Глобин 161
- Глюкоза 63
 - во фруктах 133–135
 - в пищевых продуктах 59
 - в производстве энергии 30
 - в углеродном цикле 45
 - открытая цепь 61
 - расщепление в процессе гликолиза 68–70
 - формула 62
 - циклическая форма 61
- Глюконеогенез 29, 30
- Глюкопираноза 84
- Глюкофураноза 84
- Гомеостаз 111

Гранулы 49

Графики 174

- Лайнуивера-Берка 183, 184, 192
 - конкурентное ингибирование 194
 - неконкурентное ингибирование 195
 - максимальная скорость реакции 179
 - обратных величин 186–189
 - уравнение Михаэлиса-Ментен 180, 181, 191, 196
 - химических реакций 175, 177
 - энергия активации 176
- Гуанин (G) 206, 208
- Гуанозинмонофосфат 208

Д

- Двойные химические связи 96
- Дезоксиаденозинмонофосфат 207
- Дезоксигуанозинмонофосфат 208
- Дезоксирибоза 207
- Дезоксирибонуклеиновая кислота. См. ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота)
- Дезокситимидинмонофосфат 208
- Дезоксиуридинмонофосфат 208
- Дезоксцитидинмонофосфат 208
- Деление клеток 231
- Детоксикация 21
- Диацилглицерин 92
- ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) 17, 19, 202, 203, 218, 219
 - кодирующая нить 222
 - некодирующая (антисмысловая) нить 222
 - рекомбинантная 230
- ДНК-полимераза 213, 214
 - измерение активности 237, 238
- ДНК-полимераза I 212
- Дыхание 38, 65, 66, 79–81
 - внешнее и внутреннее 38, 65
 - гликолиз 66–68
 - производство энергии
 - расщепление глюкозы в процессе гликолиза 68–70
 - цикл лимонной кислоты 71–73
 - электрон-транспортная цепь 73–77
 - углеводы 60–62
 - моносахариды, циклическая структура 63
 - сахариды 63

Ж

- Жидкостный сквинтиляционный счётчик 238
- Жир 106, 111–115
 - как источник энергии 118–122
 - нейтральный 91

образуемый из сахаридов 111–117
потребляемая и расходуемая энергия 106, 107
проблема ожирения 123
Жирные кислоты 45, 95, 96
незаменимые 95

И

Извлечение эфиром 204
Измерение активности
 α -амилазы 237
 ДНК-полимеразы 237
Измерение активности ДНК-полимеразы 238
Изоцитрат 72
Инвертаза 133, 134
Ингибирование
 конкурентное 193, 194
 неконкурентное 195
Ингибиторы 193–195
 аллостерические ферменты 196
 природные 193
 синтетические 193
Инсулин 108
Инсулиновый рецептор 108
Инсульт 104
Интроны 219, 227
 удаление (сплайсинг) 223, 227
Инфаркт миокарда 104
Ионные связи 36
Ионообменная хроматография 233, 234

К

Карбоксильная группа 95
 –COOH 95
 –OH 61, 62
Карбоксипептидаза 165
Катаболизм 38
Катализатор 175
 биологический 175
Катализ под действием оснований 216
Кетозы 84
Кетоновая группа 84
Кислород 48, 77, 216
Клетки. См. также Аппарат Гольджи, Клеточное дыхание, Мембрана, Митохондрия, Рибосомы, Эндоплазматическая сеть, Ядро
 внутренние процессы 18–25
 деление 231
 пенистые 104
 происхождение 231, 232
 размножение 231
 строение 15–17

химические реакции 26–33
эндотелия 113
Клеточное дыхание 38, 65
КоА (коферменты А) 86
 ацетил-КоА 72, 86, 115–117, 120–122
 ацил-КоА 120, 121
 сукцинил-КоА 72
Ковалентные связи 36
Кодирующая нить 222
Кодон 224
Код фермента (КФ) 166
Колоночная хроматография 233, 234
Комплементарность оснований 209–211
Конкурентное ингибирование 193, 194
Константа Михаэлиса 178, 180, 181
Консументы 48
Концентрационный градиент 77
Корнберг Артур 212
Крахмал 61, 66, 132
 в рисе (амилоза, амилопектин) 136–138
Кровоизлияние в мозг 104
Кровь
 гликозилтрансфераза 169–171
 группы (по системе АВ0) 124–129, 169–171

Л

Лаконос американский 228
Лактоза 61, 63
Ландштейнер Карл 126
ЛВП. См. Липопротеины, высокой плотности
Лектин-блоттинг 236
Лектины 236
Лептин 109, 110
Лизосома 16, 17
Лимонной кислоты
 цикл 66, 67, 71–73, 115
Липаза липопротеина 112
Липиды 91
 виды 92–94
 жирные кислоты 95, 96
 липопротеины 100–102
 артериосклероз 103, 104
 «хороший» и «плохой» холестерин 100–102, 105
 нейтральные 91, 94
 потреблённые 112
 холестерин 97, 100–102, 104, 105
Липогенез 29
Липопротеины 100–102
 артериосклероз 103, 104
 высокой плотности 102, 103, 105
 низкой плотности 102–105
 очень низкой плотности 102, 113
 «хороший» и «плохой» холестерин 100–102, 105

ЛНП. См. Липопротеины, низкой плотности
ЛОНП. См. Липопротеины, очень низкой плотности

М

Макрофаги 103
Максимальная скорость реакции 178, 179
Малат 72
Малонил-КоА 116, 117
Матричная РНК (мРНК) 222, 223
мРНК-предшественник 223
Мембрана
клетки 16, 108
тилакоида 49, 52
Ментен Мод 180
Метаболизм 20, 29, 231, 232
базальный 107
Металлические связи 36
Метан 46
Миоглобин 160
Митохондрия 16, 17, 31, 116
Михаэлис Леонор 180
Мишер Фридрих 204
Многоклеточные организмы 15
Молекулярная биология
и биохимия 228–230
происхождение клетки 231, 232
технологии рекомбинантных ДНК 230, 231
Моноацилглицерин 92
Моносахариды
D-форма и L-форма 85
альдозы и кетозы 84
в процессе дыхания 61–63
пираноза и фураноза 84
структура 131, 132
мРНК (матричная РНК) 222, 223
мРНК-предшественник 223
Муллис Кэри 230

Н

НАДН (никотинамидадениндинуклеотид) 54, 55, 75
НАДФН (восстановленная форма никотинамид-адениндинуклеотидфосфата) 54, 55
НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат) 54
НАДФ-редуктаза 54
Незаменимые жирные кислоты 95
Нейтральные липиды 91, 94, 101
Нейтральный жир 91
Некодирующая нить 222

Неконкурентное ингибирование 195
Ненасыщенные жирные кислоты 96
Ненасыщенный атом углерода 96
Нуклеин 204
Нуклеиновые кислоты. См. также Нуклеотиды 202–204

гены

ДНК 218, 219

РНК 220–227

колоночная хроматография 234

молекулярная биология

и биохимия 228–230

происхождение клетки 231, 232

технологии рекомбинантных ДНК 230, 231

нуклеин 204

опыты 233

измерение ферментативной активности 237, 238

колоночная хроматография 233

лектин-блоттинг 236

центрифугирование 237

электрофорез и вестерн-блоттинг 235

типы 204

Нуклеозиды 205

Нуклеотиды 205–208

комплементарность оснований и структура ДНК 209–211

реплицирование ДНК и ДНК-полимераза 212–214
структура РНК 214–217

О

Обмен

веществ 38

энергией 38

Обратные величины 186–190

Одноклеточные организмы 15

Ожирение. См. Полнота

Окисление-восстановление 37

Окружающая среда 41

Оксалоацетат 72

Олигосахариды 131, 137

Опыты 233

измерение ферментативной активности

α -амилазы 238

ДНК-полимеразы 237, 238

колоночная хроматография 233, 234

лектин-блоттинг 236

центрифугирование 237

электрофорез и вестерн-блоттинг 235

Органеллы 16

Органические растворители 91

Основание 216

Основной катализ 216
Открытая цепь (форма глюкозы) 61

П

Пальмитиновая кислота 116, 117, 120–122
Пенистые клетки 104
Пепсин 162
Пептидилтрансферазная реакция 158
Пептидные химические связи 155, 158
Первичная структура белка 158
Переваривание 7
Переедание 123
Пираноза 84
Пиримидин 206
Пиримидиновые основания 206
Пировиноградная кислота 29, 30
Пируват 68, 72, 86
Пищевая клетчатка 142
«Плохой» холестерин 100–102, 105
Полинуклеотиды 209, 210
Полипептидная цепь 158
Полисахариды 132, 137
Полнота 106
 потребляемая и расходуемая энергия 106–110
 сахариды 111–117
 жир как источник энергии 118
 переедание и избыточный вес 137
Полуацеталь 63
Последовательность оснований 219
 полный геном человека 231
«Постгеномная» эпоха 230
Потребляемая энергия 106, 107
Прогестерон 98
Продукт реакции 37
Продуценты 48
Протеаза 204
Протеины. См. также Белки 154
Пурин 206
Пуриновые основания 206

Р

Размножение клеток 231
Расходуемая энергия 106, 107
Реакция
 ограничивающая скорость химических процессов 117
 окисления-восстановления 37
Рекомбинантные ДНК 230, 231
Репликация 231, 232
 ДНК 211–214
Рибозимы 37, 226, 227

Рибонуклеиновая кислота. См. РНК
 (рибонуклеиновая кислота)
Рибосомная РНК (рРНК) 223–225
Рибосомы 158, 223, 224
 в клетках 16, 17, 19
 роль в синтезе белка 27, 28
РНК-полимераза 214
РНК-полимераза II 161
РНК (рибонуклеиновая кислота) 19, 220, 221
 аутосплайсинг 227
 матричная (мРНК) 222, 223
 мРНК-предшественник 223
 рибозимы 226, 227
 рибосомная (рРНК) 223–225
 роль в создании белка 203
 транспортная (тРНК) 223–225
рРНК (рибосомная РНК) 223–225

С

Саморазмножение 231
Сахариды. См. также Галактоза, Глюкоза, Лактоза,
 Сахароза, Углеводы, Фруктоза
 L-форма и D-форма 85
 альдозы и кетозы 84
 во фруктах 133–135
 в процессе
 фиксации углерода 58
 фотосинтеза 25
 жир как источник энергии 118–122
 избыточные (превращение в жир) 111–117
 переедание и избыточный вес 123
 пираноза и фураноза 84
 типы (моно-, олиго-, полисахариды) 131, 132
Сахарная цепь 126–129
Сахароза 59, 61, 63
 во фруктах 133–135
Сахарозофосфатсинтаза 133, 134
Сахар. См. также Глюкоза, Лактоза, Сахароза,
 Фруктоза
 в крови 60, 63, 108
 в молоке 63
 во фруктах 133–135
 глюкоза 130
 столовый 61, 116, 130
 фруктовый 130
Свободный холестерин 101
Сенгер Фредерик 230
Сигмоидная кривая 196
Скорость реакции 178
 максимальная 178, 179
Специфичность
 субстрата 162
 ферментов 164, 165

Сплайсинг 223, 227
аутосплайсинг 227
Сплайсосома 227
Сродство фермента 181
Стероидальный скелет 97
Стероидные гормоны 98
Стероиды 97–99
Строма 57
Субстраты 37, 162–165
 специфичность 162
Субъединица 161
Сукцинат 72
Сукцинил-КоА 72
Сцинтилляционный счётчик 238

Т

Теории происхождения клетки 231, 232
Теория витализма 229
Тестостерон 98
Технологии рекомбинантных ДНК 230, 231
Тилакоиды 49
 мембрана 49, 52
Тимин (Т) 206, 208
Тимус 228, 233
Транскрипция 221, 222
Трансляция 221
Транспортная РНК (тРНК) 223–225
Трансферазы 168
 гликозилтрансфераза и группа крови 169–171
Третичная структура белка 160
Триацилглицерин 92, 113, 114
Триплет 224
тРНК (транспортная РНК) 223–225

У

Углеводы 60–62
 в растениях 48
 моносахариды и циклическая структура 63
 сахариды 61, 63
Углекислый газ
 в углеродном цикле 46
 в фотосинтезе 32
Углерод 36, 45
 в биогеохимическом цикле 43, 44
 диоксид углерода (углекислый газ) 46
 в процессе дыхания 43
 в процессе фотосинтеза 47
 фиксация 51, 57, 58
 фиксация 57, 58
 циркуляция (углеродный цикл) 43, 45–47
Углеродные связи 36

Удельная плотность 101
Уравнение Михаэлиса-Ментен 180, 181, 191, 193
 гипербола 196
Урацил (U) 206, 208
Уридинмонофосфат 208

Ф

Фагоциты 103
Ферменты (энзимы) 37, 153
 аллостерические 196
 белки и аминокислоты 154–161
 гидролазы 172, 173
 графики 174, 177
 вычисление V_{max} и K_m 182–192
 максимальная скорость реакции 178
 уравнение Михаэлиса-Ментен и константа
 Михаэлиса 180, 181
 энергия активации 176
ДНК-полимераза 213, 214
ДНК-полимераза I 212
ингибиторы 193–195
и субстраты 162–165
катализаторы 175
классификация 166, 167
константа Михаэлиса 178
липаза липопотеина 112
отвечающие за катаболизм белков 164, 165
роль в химических реакциях 175, 177
специфичность 164, 165
сродство 181
трансферазы 168
 определение группы крови 169–171
Фиксация
 диоксида углерода 51, 57, 58
 углерода 57, 58
Фосфат 205
Фосфатная группа 82, 83
Фосфодиэфирная связь 214, 216, 217
Фосфолипиды 16, 93, 95, 101
Фосфопантетеиновая группа 86
Фотосинтез 79
 в растениях 48
 реакция фосфорилирования 50–56
 структура хлоропласта 49
 фиксация диоксида углерода 57, 58
Фотосистема I и II 55
Фотофосфорилирование 50–56
Фруктоза 59, 61, 63, 116
 во фруктах 133–135
Фруктопираноза 84
Фруктофураноза 84
Фрукты
 сахар 133

сахариды (глюкоза, фруктоза, сахароза) 133–135
сладкий вкус 133–135
Фумарат 72
Фураноза 84

Х

Химические связи
гликозидные 138, 141–144
двойные 96
ионные 36
ковалентные 36
металлические 36
пептидные 155, 158
фосфодиэфирная 214, 216, 217
Хитин 132
Хлоропласты 17
и фотосинтез 32
строма 57
структура 49
Хлорофилл 49, 51–53, 55
Холестерин
артериосклероз 103, 104
как стероид 97
свободный 101
функции 98, 99
«хороший» и «плохой» 100–102, 105
«Хороший» холестерин 100–102, 105
Хроматография
аффинная 233, 234
гель-фильтрационная 233
ионообменная 233, 234
колоночная 233, 234

Ц

Целлюлоза 132, 142
Центрифугирование 237
Церебральный инфаркт 104
Цикл
биогеохимический 42–44
Кальвина 57
Кребса (цикл лимонной кислоты) 66, 67, 71–73, 115
лимонной кислоты 66, 67, 71–73, 115
трикарбоновых кислот. См. Цикл Кребса (цикл лимонной кислоты)
углеродный 45–47
Циклическая форма
глюкозы 61, 141
моносахаридов 61, 62
Цис-аконитат 72
Цитидинмонофосфат 208
Цитозин (С) 206, 208

Цитозоль 16, 30
Цитрат 72, 120

Ч

Чек Томас 226
Четвертичная структура белка 161

Ш

Шаблоны для репликации ДНК 211, 221
Шифр КФ (код фермента) 166

Э

Экзоны 219, 227
Экосистема 41
биогеохимический цикл 42–44
углеродный цикл 45–47
Электрон-транспортная цепь 52–55, 67, 74–78
Электрофорез 235
Эндоплазматическая сеть 16, 17
Эндотелий 113
Энергетический барьер 176
Энергия 66, 67
активации 176
АТФ 82
жир как источник энергии 118–122
метаболизм 38
производство
гликолиз (расщепление глюкозы) 68–70
лимоннокислый цикл 71–73
электрон-транспортная цепь 74–77
расходуемая и потребляемая 106, 107
Эукариоты 227
Эфир холестерина 101

Я

Ядерная пора 223
Ядро 16, 17, 204

ОБ АВТОРЕ

Доктор Масахару Такэмура в настоящий момент занимает должность адъюнкт-профессора в Токийском научном университете. Его специальность — молекулярная биология и образование в области биологии.

Автор сюжета: Савако Савада.

Художник: Кикиуяро.



Книги издательства «ДМК Пресс» можно заказать в торгово-издательском холдинге «Планета Альянс» наложенным платежом, выслав открытку или письмо по почтовому адресу:

115487, г. Москва, 2-й Нагатинский пр-д, д. 6А.

При оформлении заказа следует указать адрес (полностью), по которому должны быть высланы книги; фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно также указать свой телефон и электронный адрес.

Эти книги вы можете заказать и в интернет-магазине: www.aliants-kniga.ru.

Оптовые закупки: тел. (499) 782-38-89.

Электронный адрес: books@aliants-kniga.ru.

Такэмура Масахару (автор), Кикиуяро (художник)

Занимательная биохимия. Манга

Издательство выражает благодарность В. О. Панфилову

Главный редактор Д. А. Мовчан

dmkpress@gmail.com

Перевод с японского А. Б. Клионский

Научный редактор С. В. Калёнов

Верстка А. Ю. Татаринов

Корректор О. В. Готлиб

Обложка А. Г. Мовчан

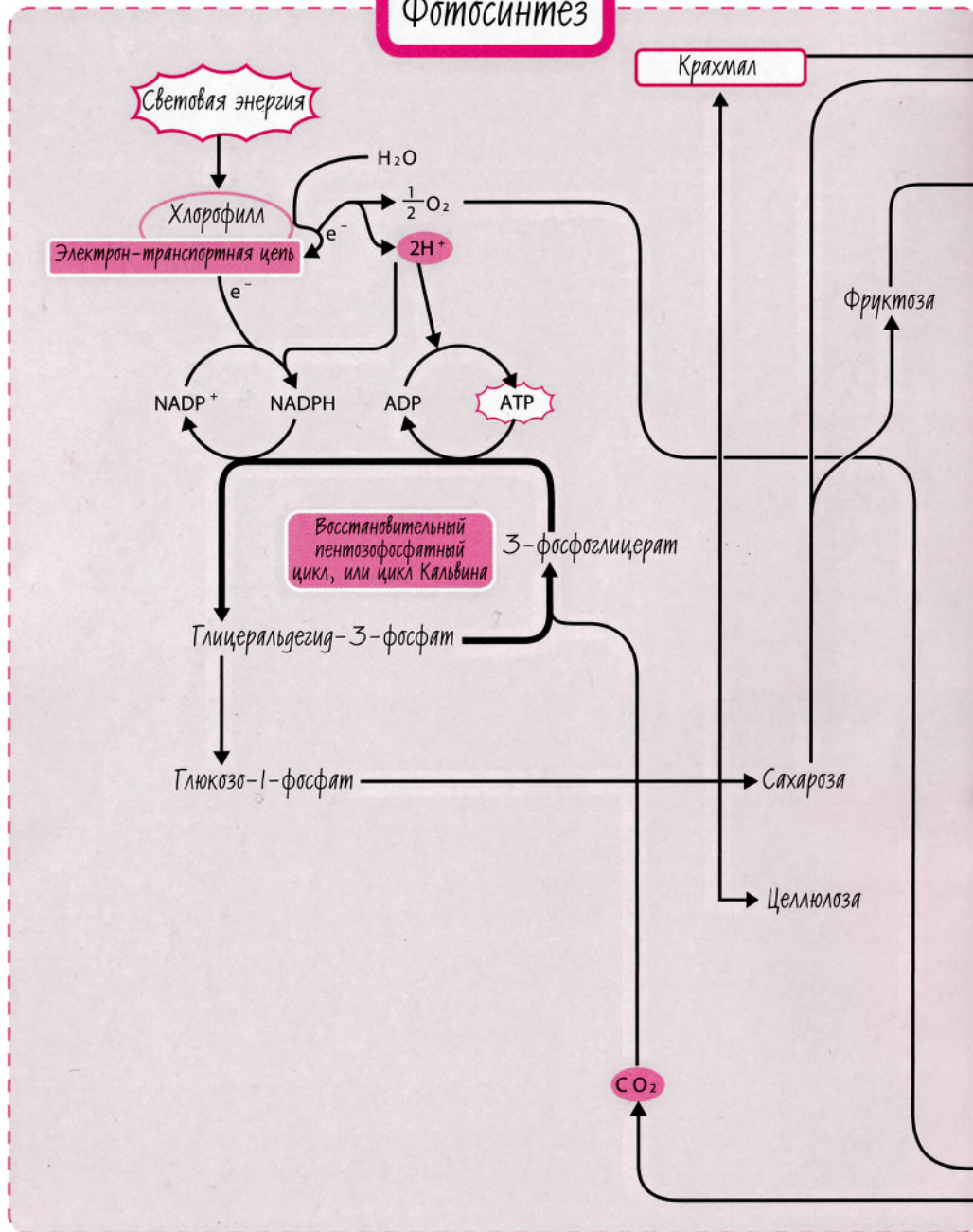
Формат 70×100/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. п. л. 25 Тираж 500 экз.

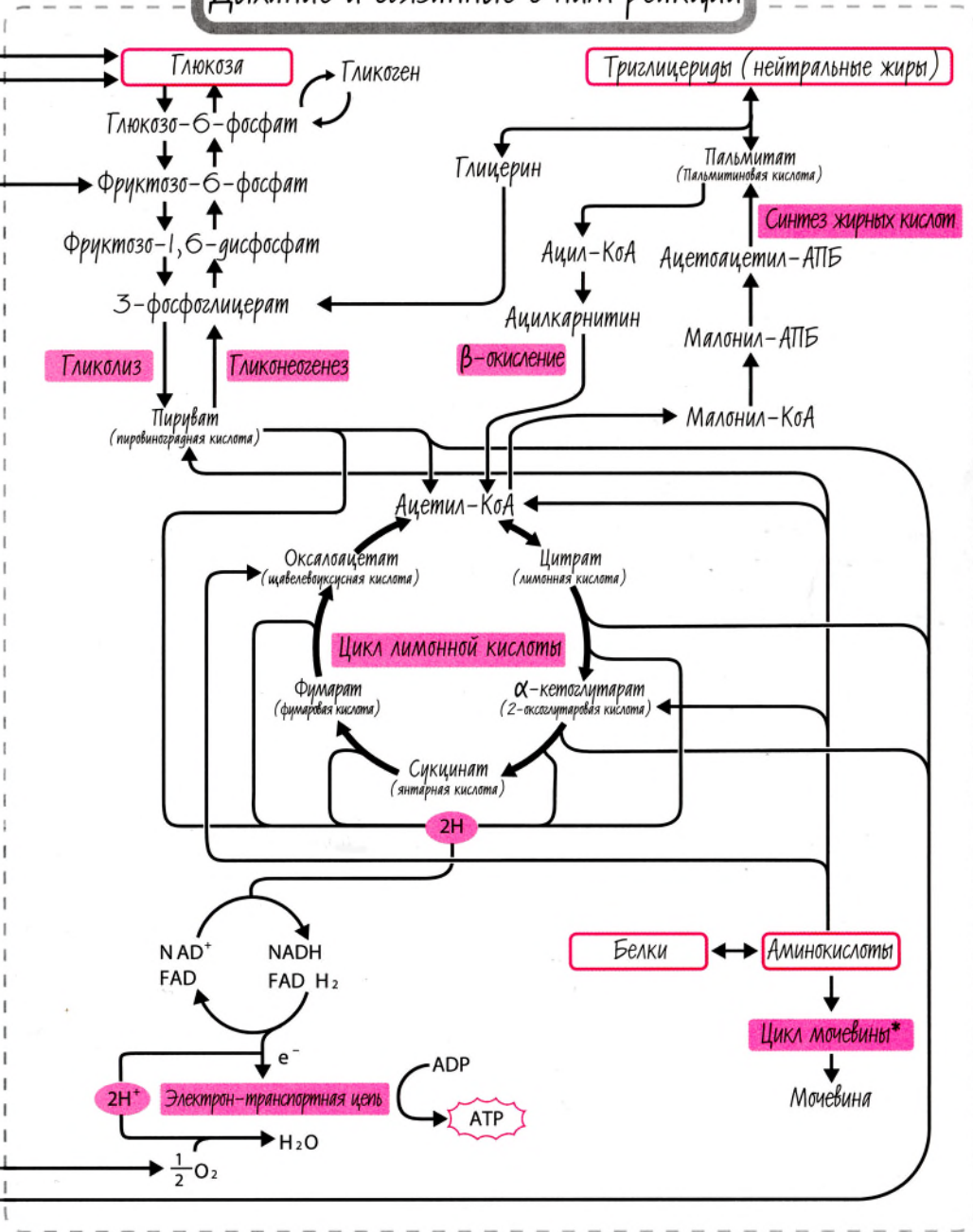
Веб-сайт издательства ДМК Пресс: www.dmkpress.com

СХЕМА МЕТАБОЛИЗМА

Фотосинтез



Дыхание и связанные с ним реакции



* - метаболический путь, о котором в данной книге не рассказано.