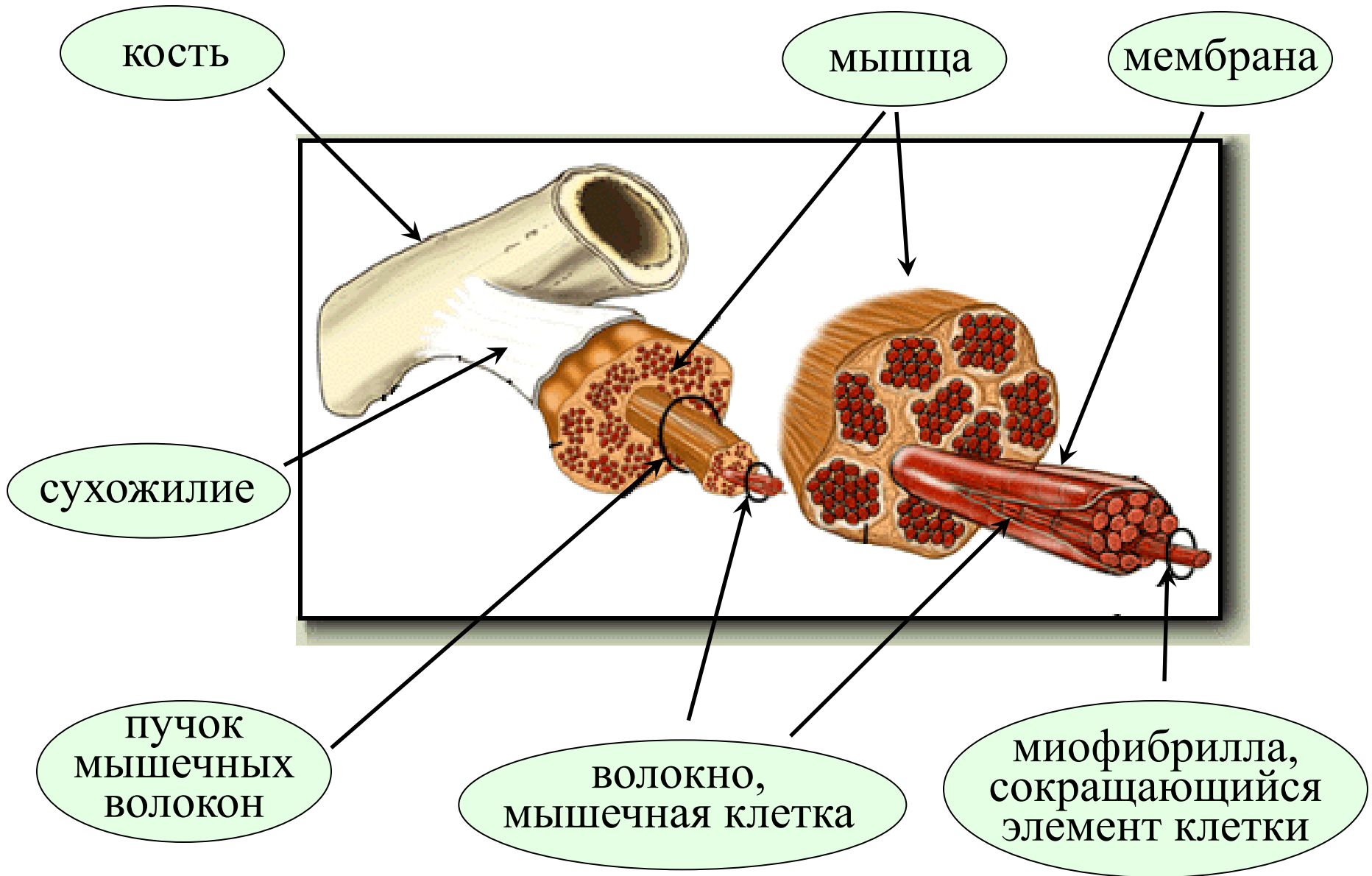


- изучаем строение и работу мышц
- откуда берёт энергия живая клетка
- что такое искусственные мышцы, и как они помогают двигаться роботам

От кости - к миофибриллам



Микрофотография поперечного сечения скелетной мышцы, сделанная с увеличением 200

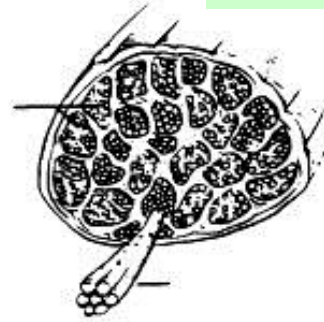


От мышцы к *саркомеру*

мышца

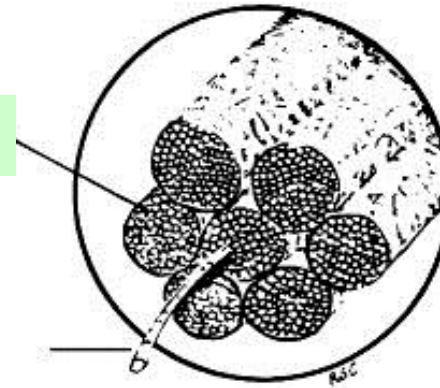


мышца в разрезе

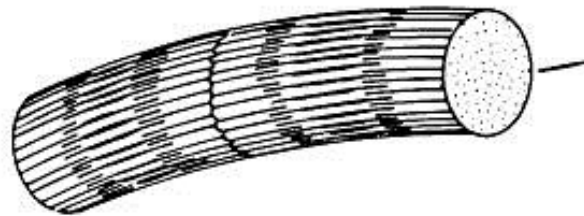


пучок мышечных волокон

мышечная клетка, волокно

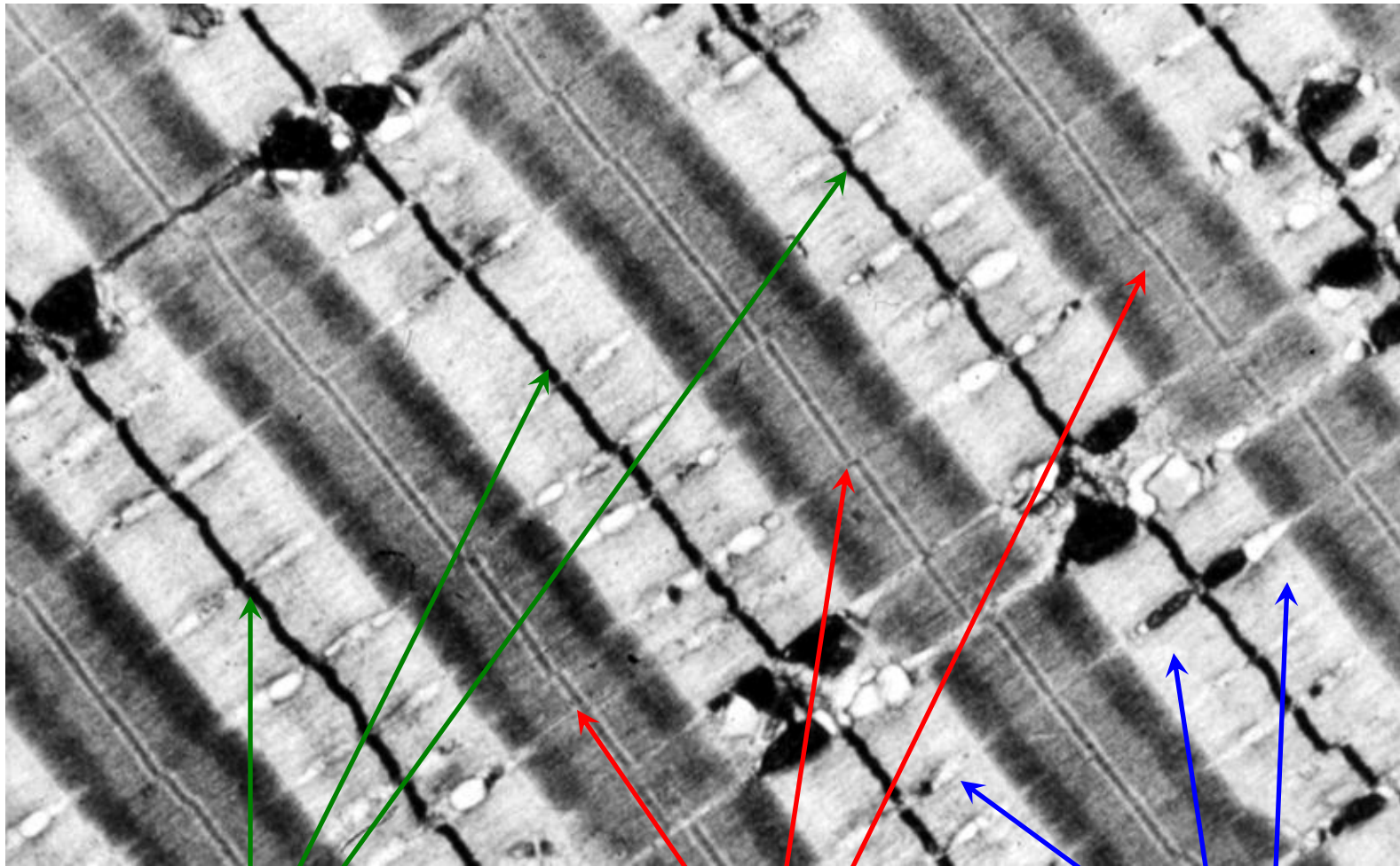


миофибрилла -
сокращающийся элемент
клетки с диаметром 1 мкм



саркомер - двигатель
миофибриллы

**Микрофотография продольного сечения волокна
поперечно-полосатой мышцы,
сделанная с увеличением 20000**

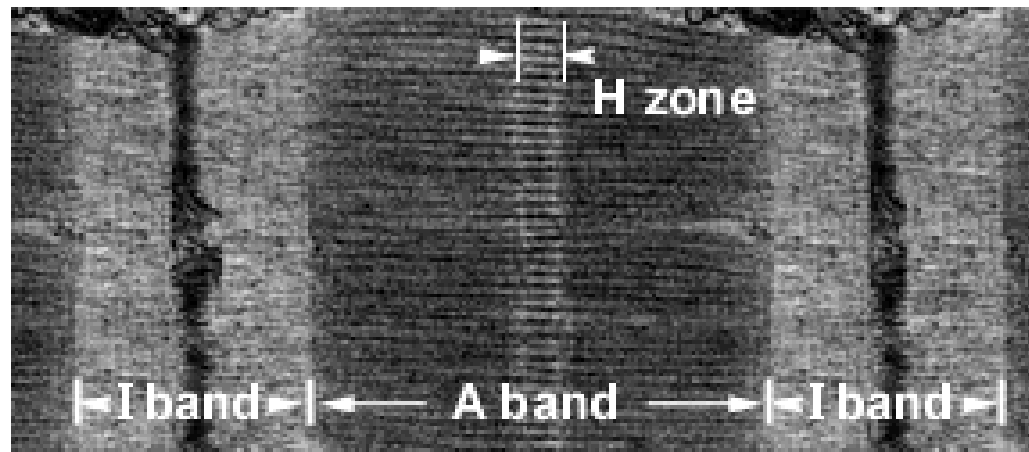


Z-полоса

A-полоса

I-

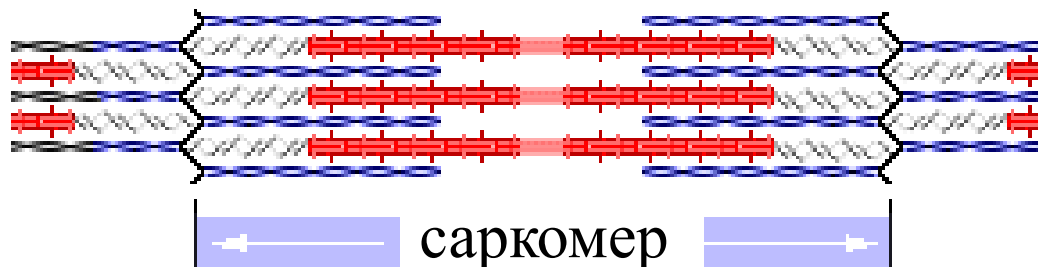
Соответствие полос и линий на фото поперечно-полосатой мышцы элементам саркомера



Z диск

M линия

Z диск



саркомер

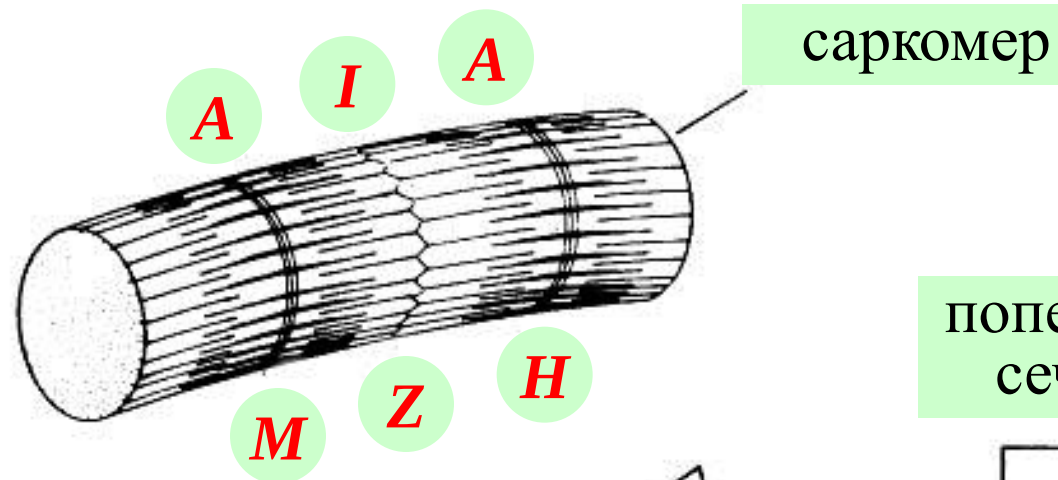
актин

тонкие нити

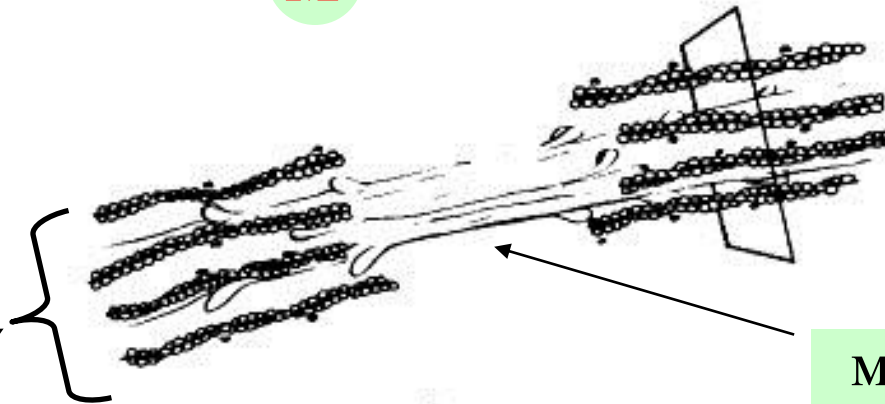
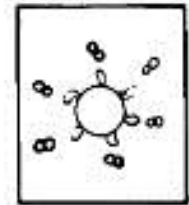
МИОЗИН

толстые нити

Структура саркомера

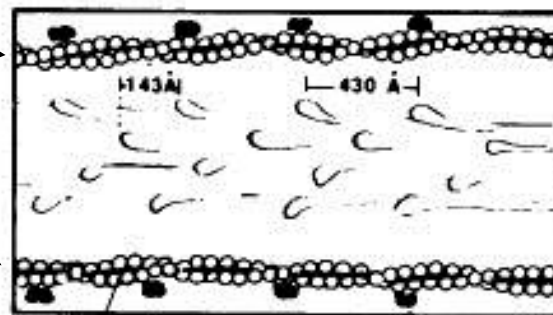


поперечное сечение

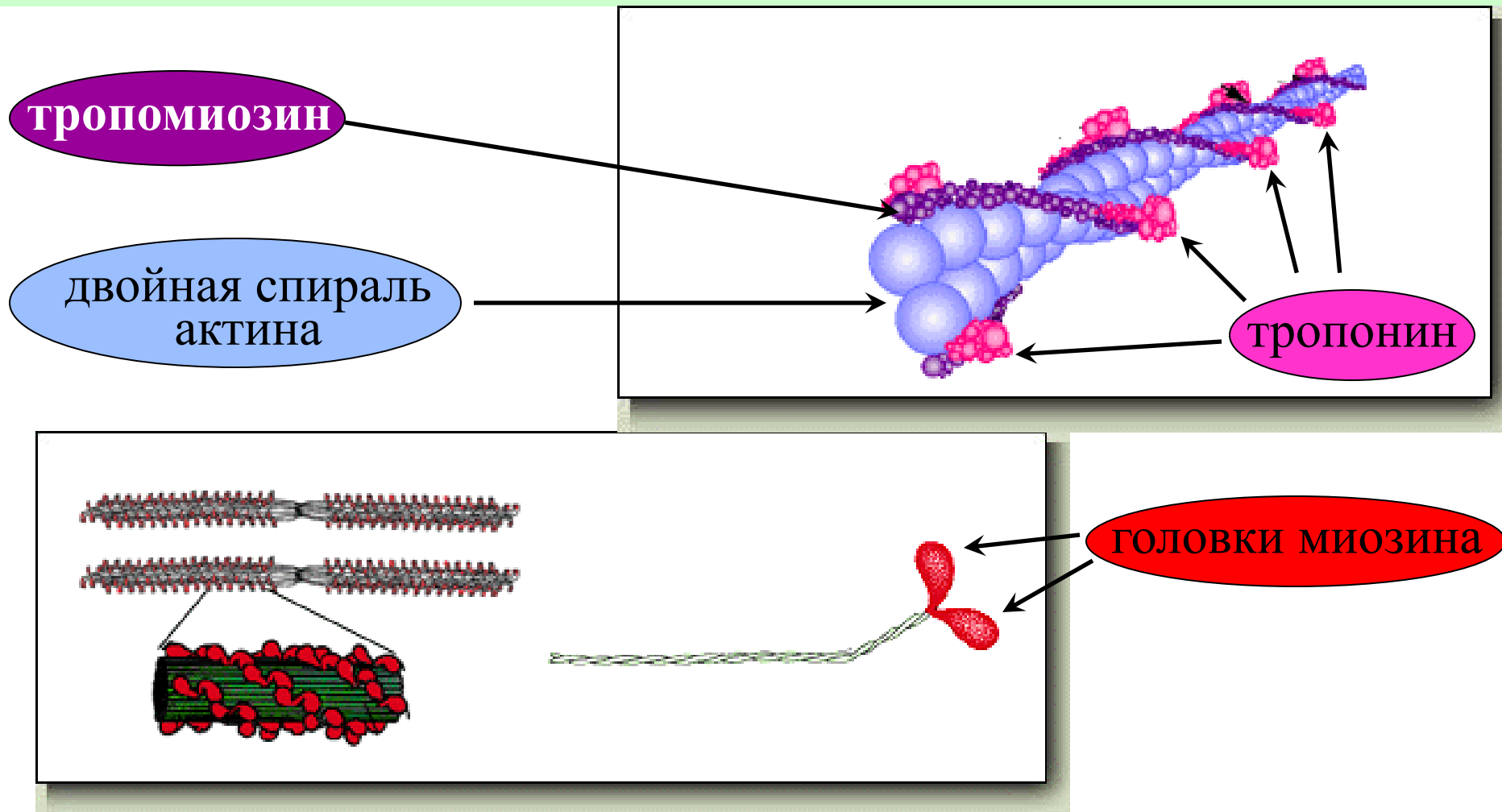


актиновые нити
(тонкие)

МИОЗИНОВЫЕ НИТИ
(ТОЛСТЫЕ)

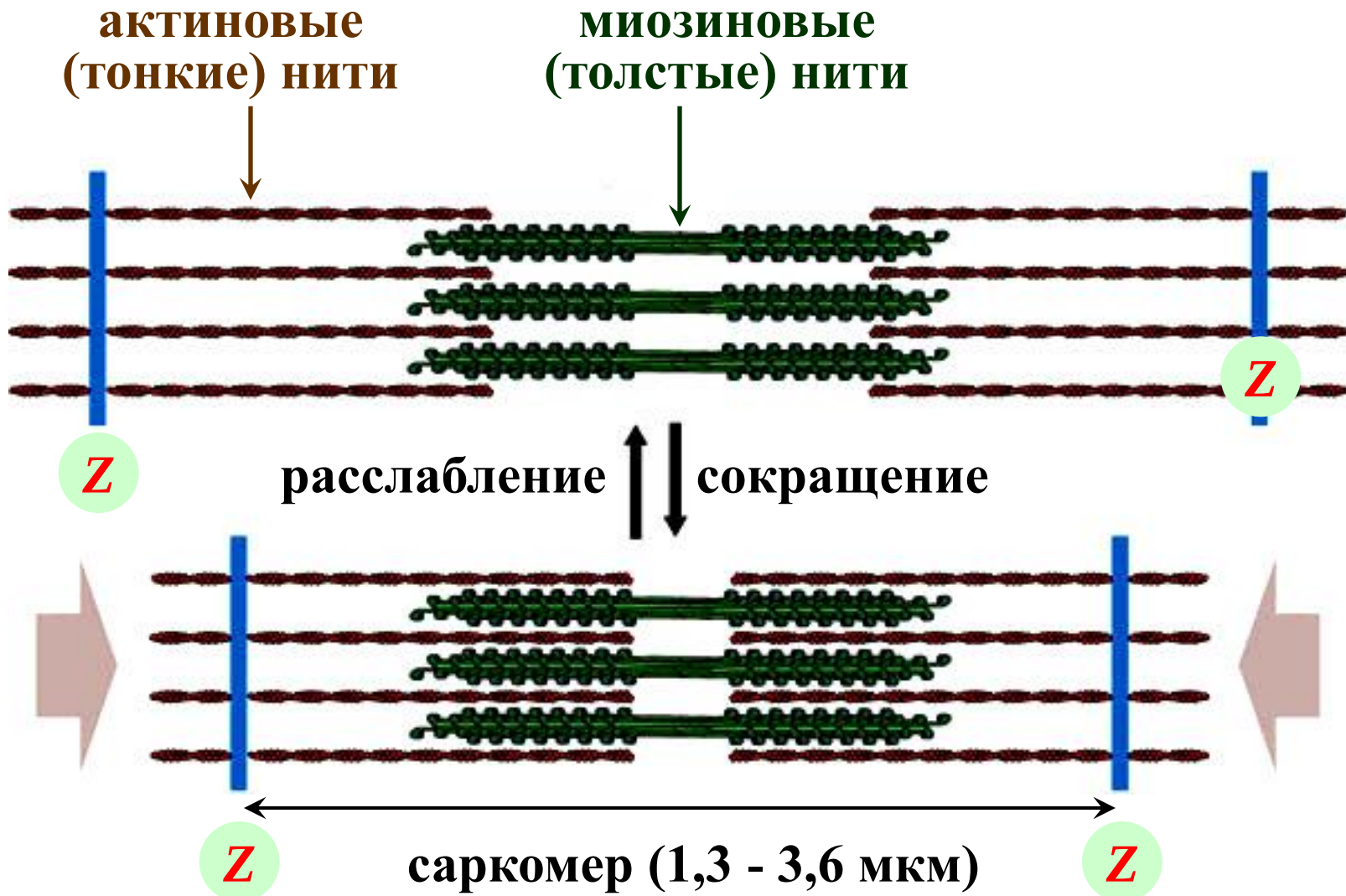


Строение *тонких* и **толстых** миофибриллярных нитей



Миозин и *актин* - *сократительные* белки
Тропонин и тропомиозин - *регуляторные*

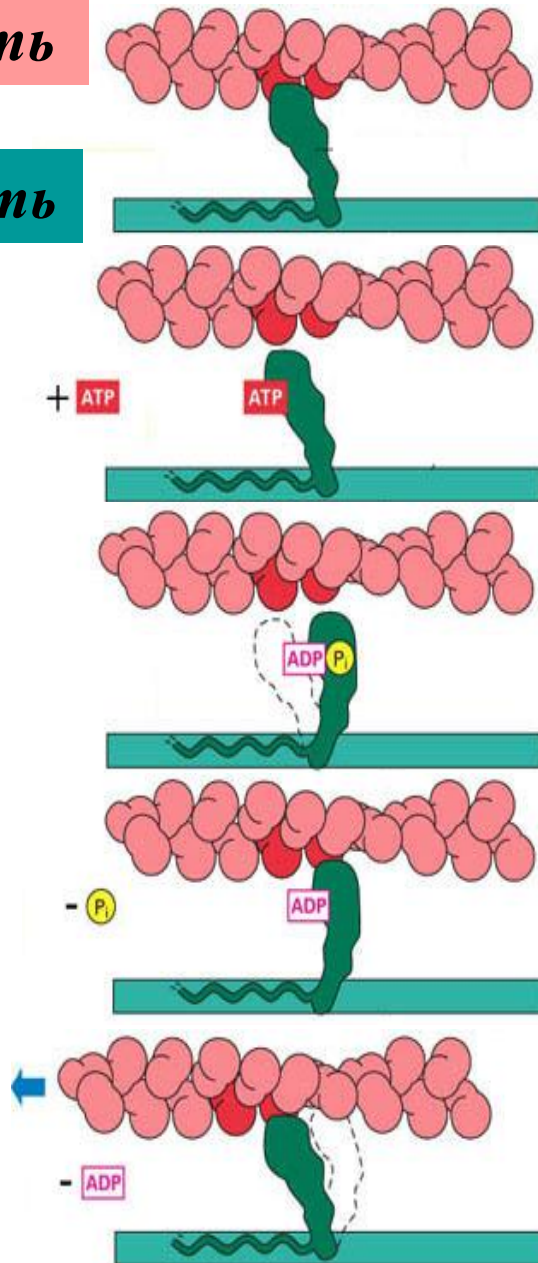
Как сокращается саркомер ИЛИ *теория скользящих нитей*



Что такое *поперечный мостик*, и как он работает

актиновая нить

миозиновая нить



В отсутствие Аденозин-Три-Фосфата (АТФ, **АТР**) головка миозина прикреплена к актину

При соединении с **АТР** головка миозина отсоединяется от актина

При расщеплении **АТР** на АденозинДиФосфат (АДФ, **АДР**) и фосфат (**P_i**) головка поворачивается

При отсоединении фосфата (**P_i**) головка миозина опять соединяется с актином (+**Ca²⁺**)

При отсоединении **АДР** головка миозина возвращается в исходное положение, толкая актин влево на 5 нм

Что такое АТФ

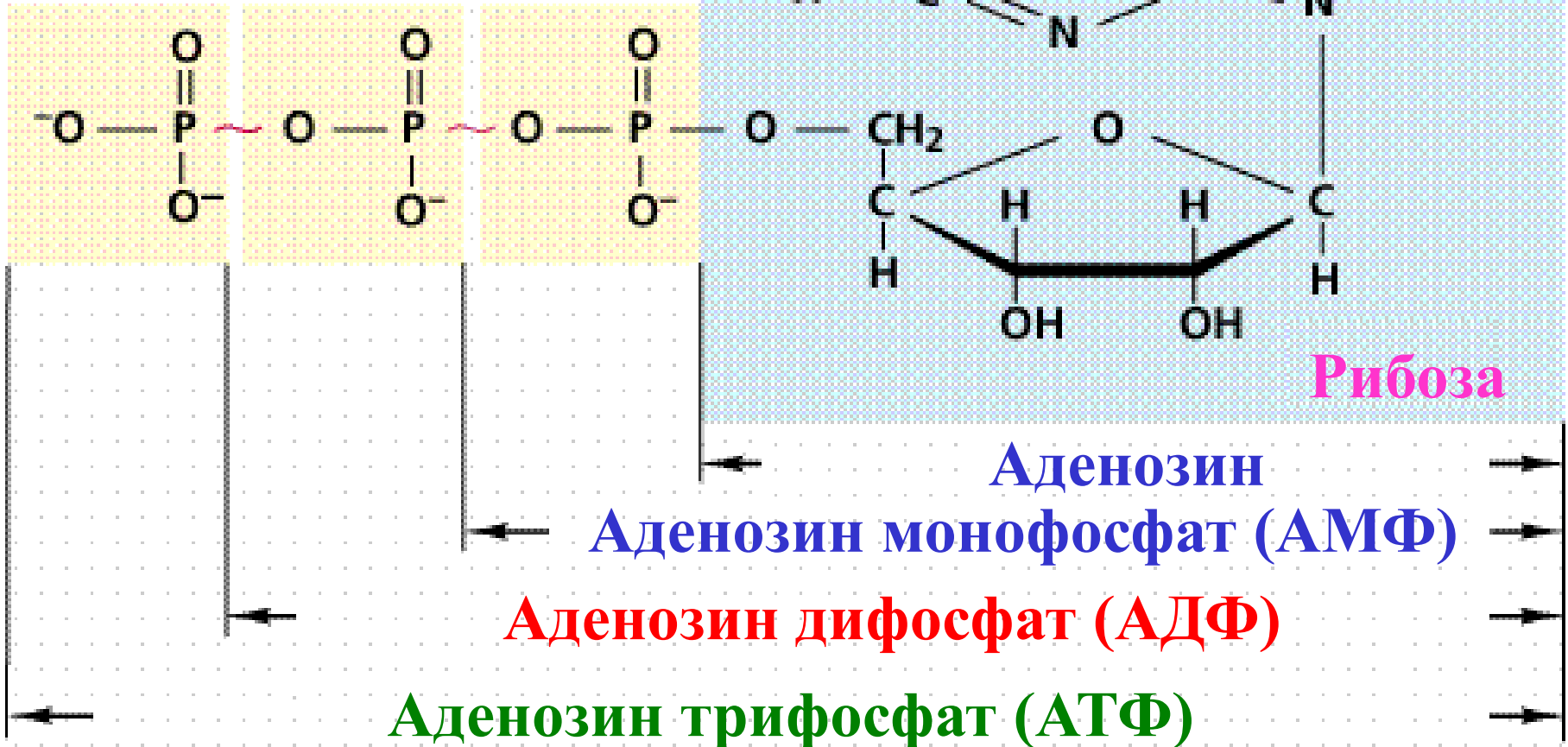
АТФ:

- энергетическая валюта жизни клетки,
- используется всеми организмами (от бактерии до человека),
- вторая по значимости макромолекула (после ДНК),
- используется для построения сложных молекул, движения, создания электрического поля и даже света (у светлячков),
- плотность энергии, заключённой в АТФ, гораздо выше, чем энергия ковалентных связей продуктов питания,
- яды (например, цианиды), препятствующие образованию АТФ, смертельны

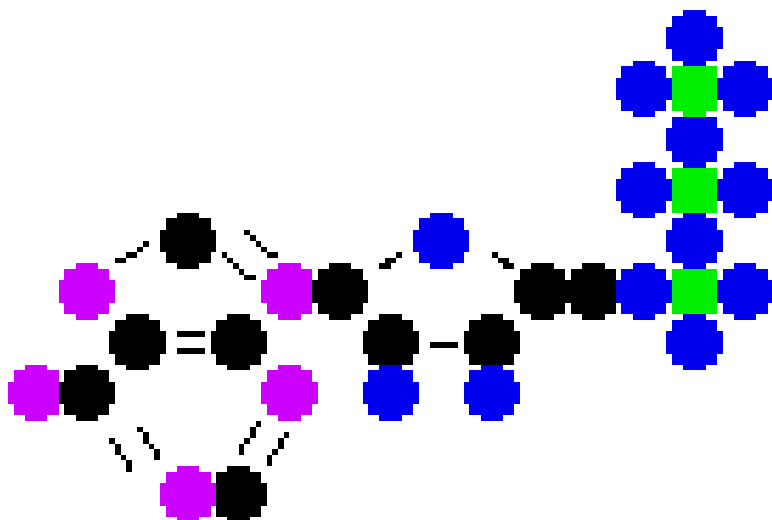
Что такое АТФ

Мол.вес - около 500

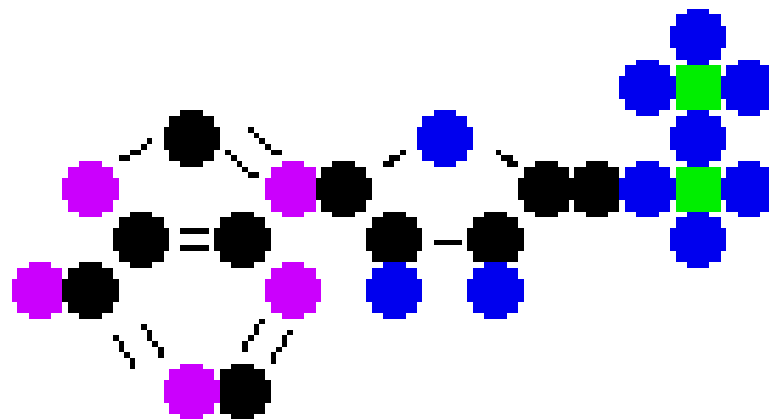
Фосфатные группы



Как АТФ освобождает энергию



АТФ



АДФ



углерод



азот



кислород



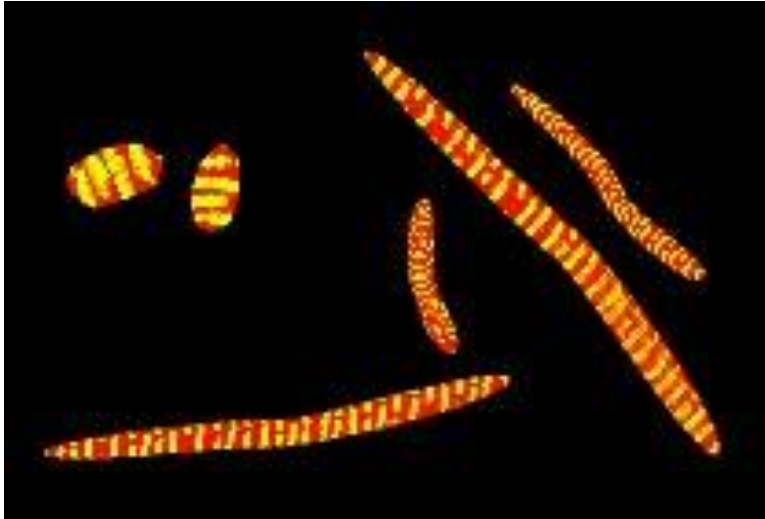
фосфор

$\text{АТФ} > \text{АДФ} + \text{фосфат} + 7 \text{ ккал/мол} (7 \cdot 4,2 \text{ кДж/мол})$

АТФ - переносчик энергии в живой клетке

- Сразу после того, как АТФ расщепился на АДФ и фосфат, АДФ “движется” в **митохондри**и, где опять превращается в АТФ.
- Наша жизнь - это непрерывный распад АТФ (источник энергии) и его синтез в митохондриях.
- В каждой из 100 000 миллиардов (10^{14}) клеток человека находится около 1 миллиарда (10^9) молекул АТФ, которых достаточно только на несколько минут жизни.
- Каждая молекула АТФ **три раза в минуту** отдаёт энергию там, где это необходимо, и три раза в минуту “заходит” в митохондрию, чтобы подзарядиться, превратившись из АДФ в АТФ.
- Организм человека содержит всего 50 г АТФ, и ежедневное потребление еды позволяет митохондриям выполнять свою задачу - превращать АДФ в АТФ (фосфорилирование).

Митохондрия - силовая станция клетки



- Митохондрии есть во всех клетках
- Чем больше энергетические затраты клетки, тем больше в них митохондрий



Микрофотография митохондрии
(^x 30000)

Внутренняя структура митохондрии



внутренняя мембрана

внешняя мембрана

складки внутренней мембраны

матрикс

Анаэробный гликолиз в цитозоле

+ цикл Кребса

+ окислительное фосфорилирование в митохондриях

= *АТФ*

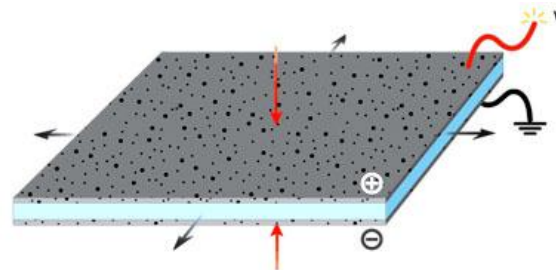
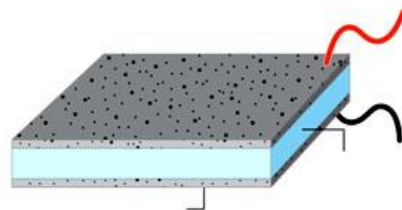
Как работают искусственные мышцы



Электроактивные материалы (ЭАМ) изменяют свои размеры и форму в электрическом поле и могут служить **датчиками внешних сил**

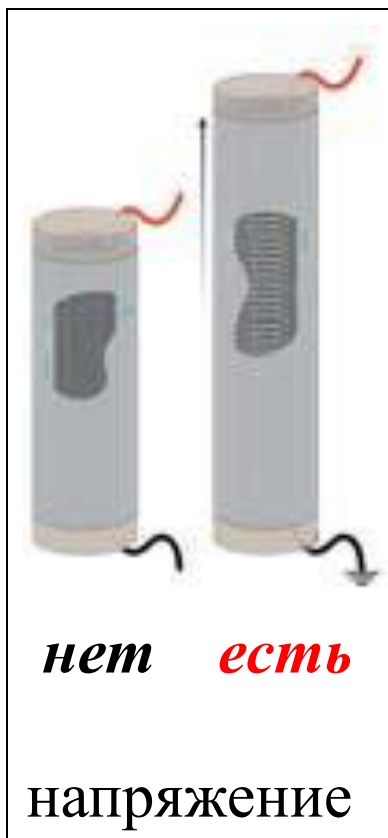
Диэлектрические эластомеры - один из видов ЭАМ:

- 50 мкм **плёнка** селикона или акрила с электропроводящей поверхностью (частички угля),
- резиновые конденсаторы, противоположные заряды на пластинах которого притягиваются друг к другу и сжимают **плёнку**, увеличивая её размеры,
- могут увеличивать свои размеры в **4 раза** под действием электрического поля

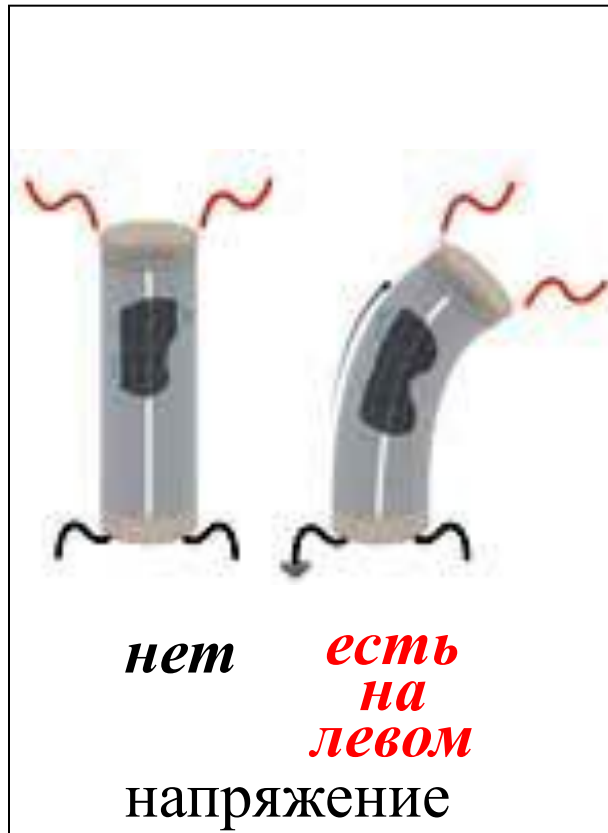


Мышцы из свёрнутых в рулон плёнок эластомера

однорулонная
“мышца”

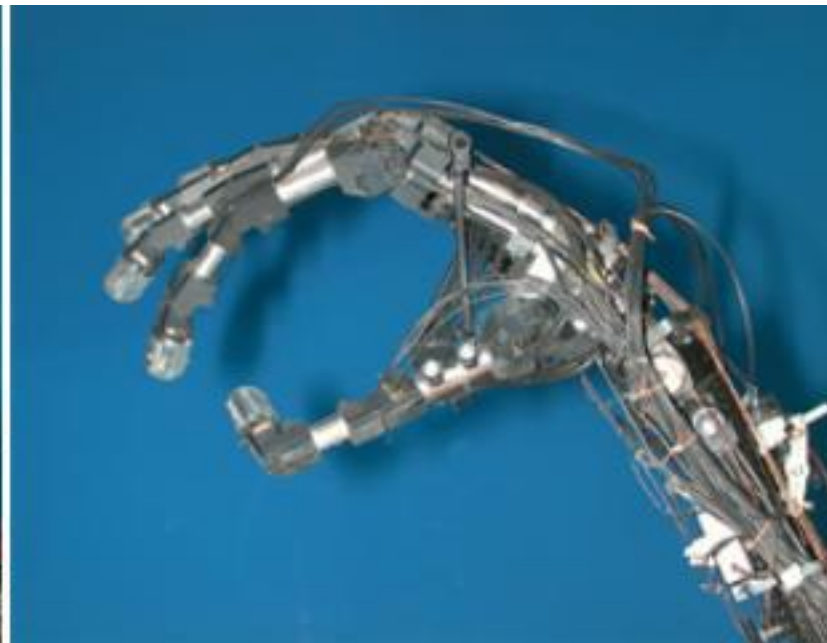


двухрулонная
“мышца”



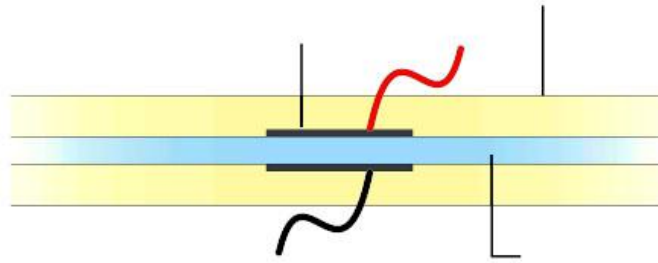
удлиняется до 2 см, развивает силу до 30 Н с частотой до 50 Гц

Движущаяся кисть руки робота

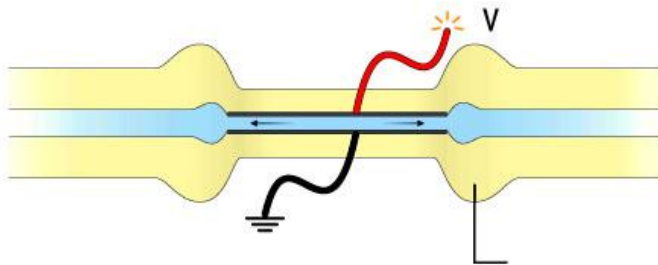


Эластомеры позволяют изменять структуру поверхности

нет



есть

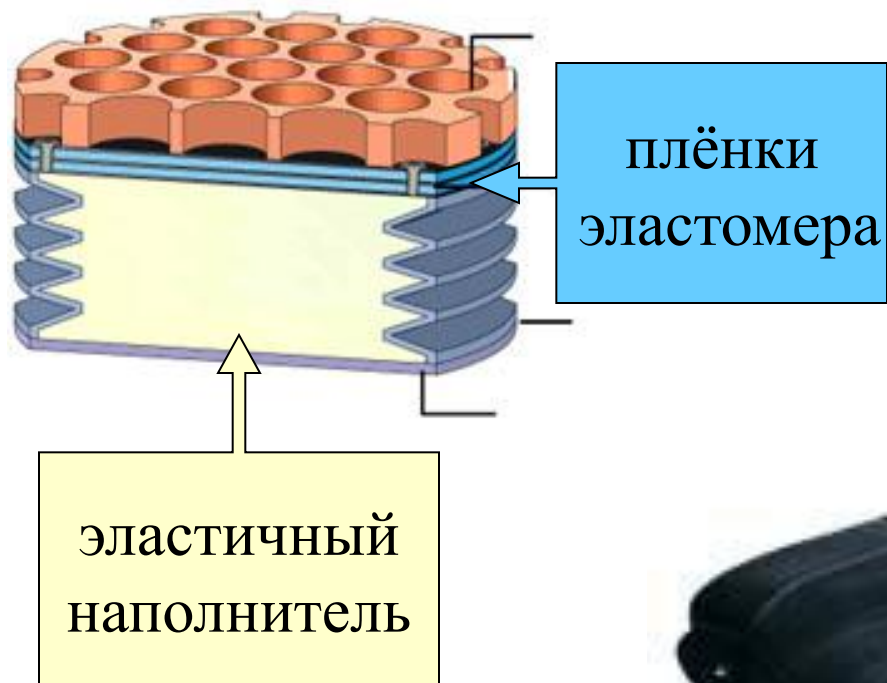


напряжение

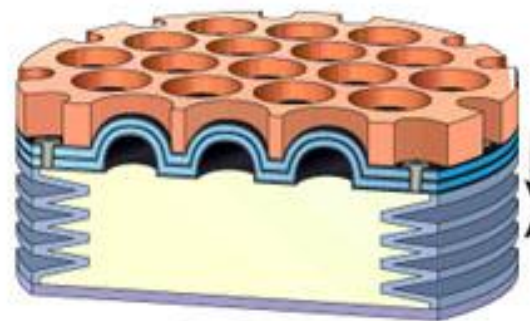


Эластомеры, встроенные в подошву, могут быть источниками электрической энергии

ненагруженный каблук

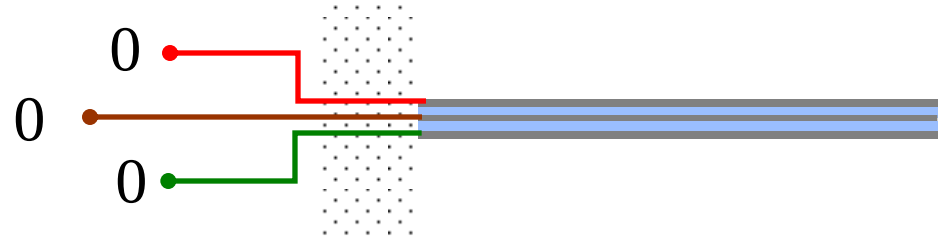


сжатый каблук

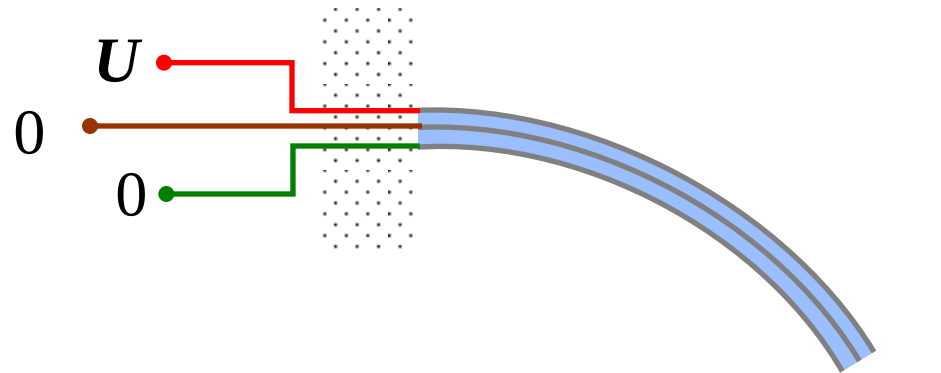


Как можно электричеством искривлять плёнку эластомера

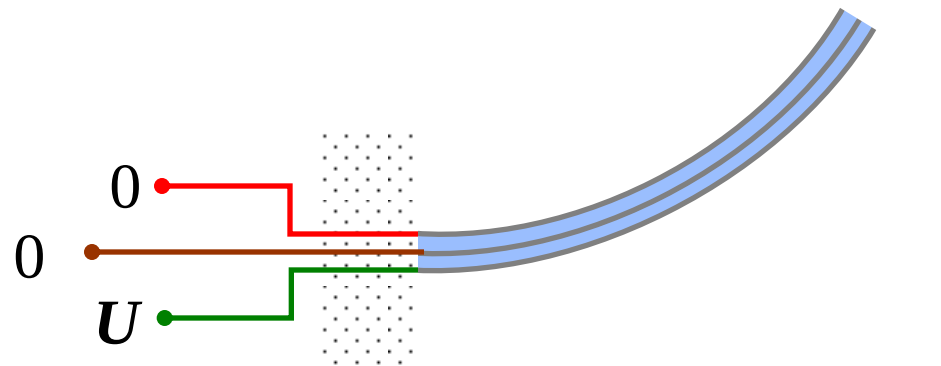
Напряжение не подаётся



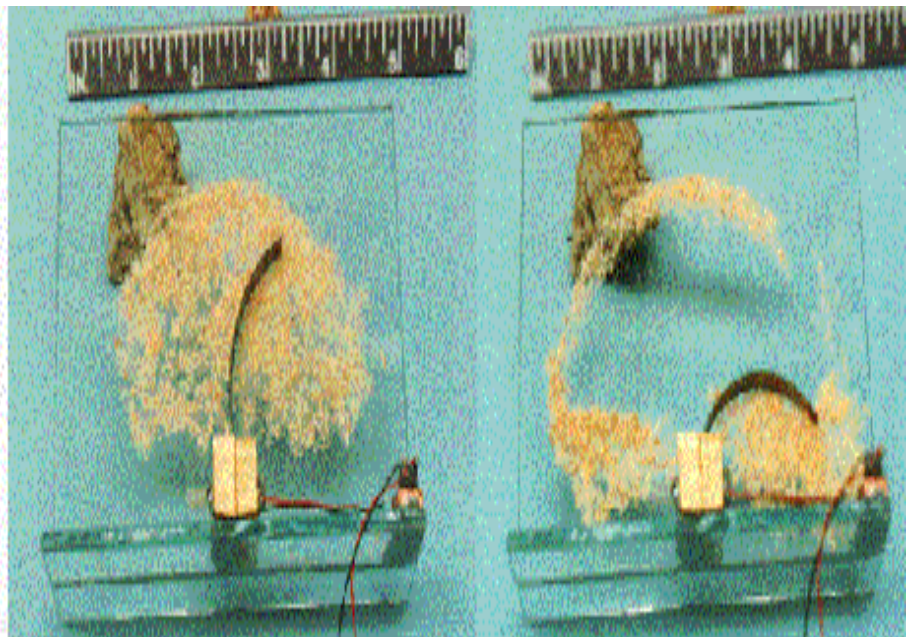
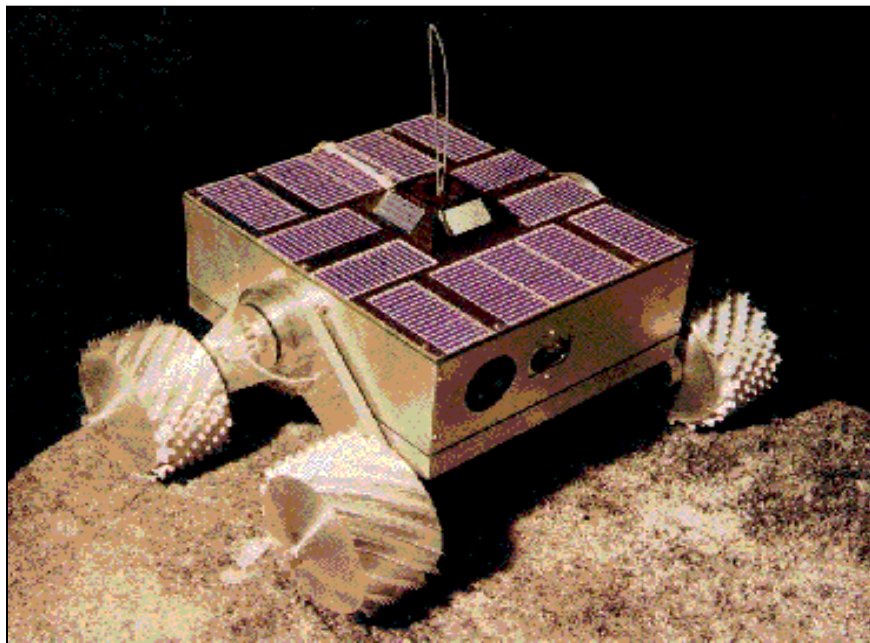
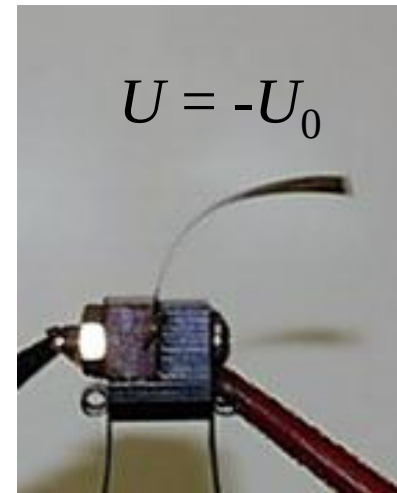
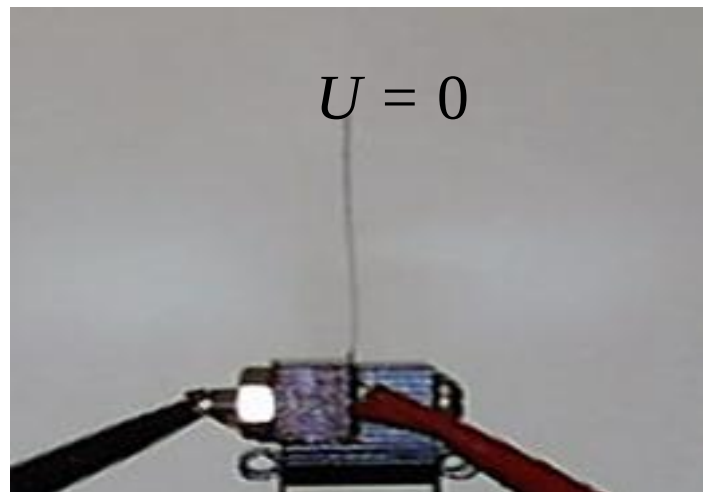
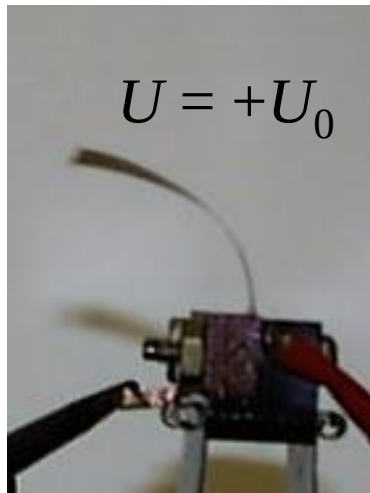
Напряжение подаётся на верхнюю плёнку, она удлиняется, а пластинка изгибается вниз



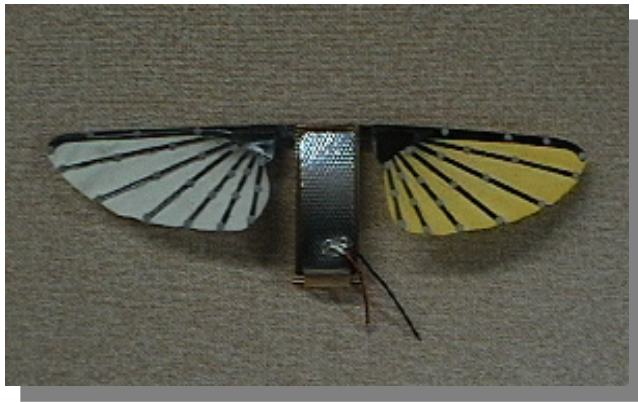
Напряжение подаётся на нижнюю плёнку, она удлиняется, а пластинка изгибается вверх



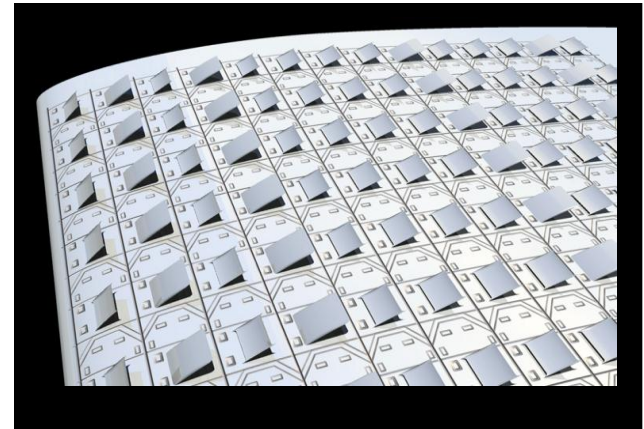
Возможное применение электроактивных полимеров в космических исследованиях



Возможное применение электроактивных полимеров в аэро-космических исследованиях



микролетающие объекты



сенсоры потоков воздуха с
возможностью изменению
структуры поверхности