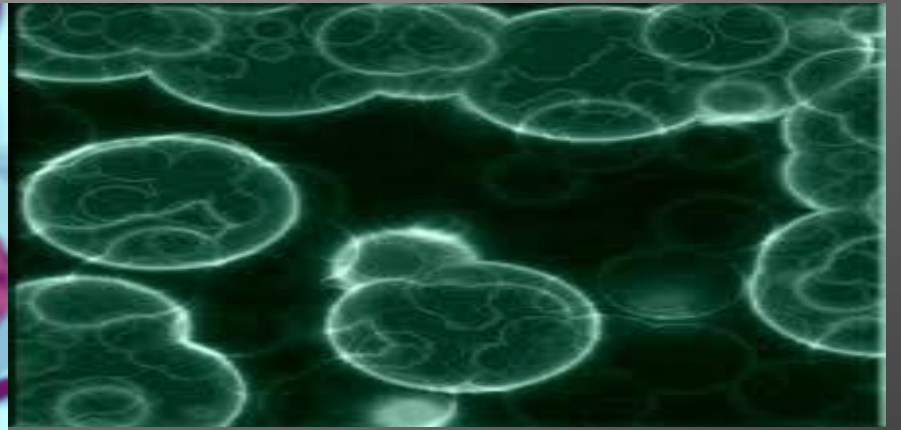
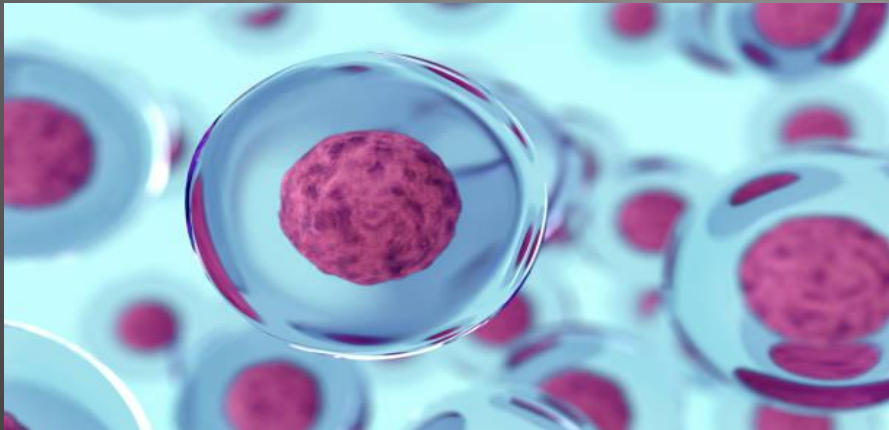
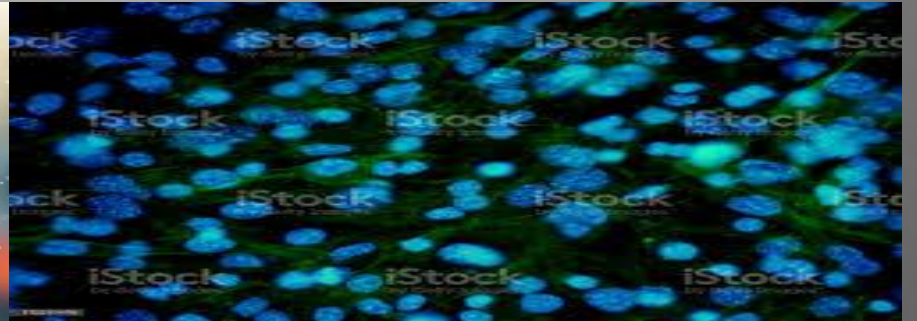
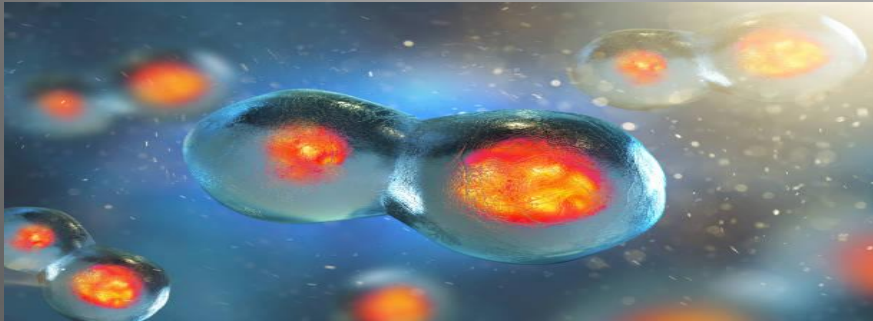


Komórki i ich budowa



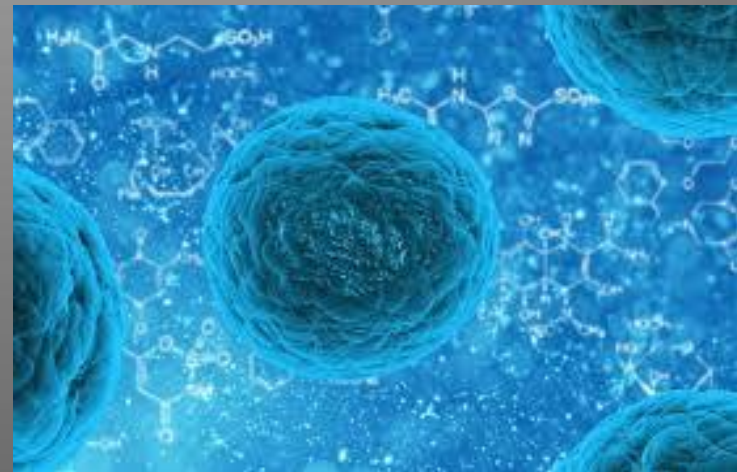
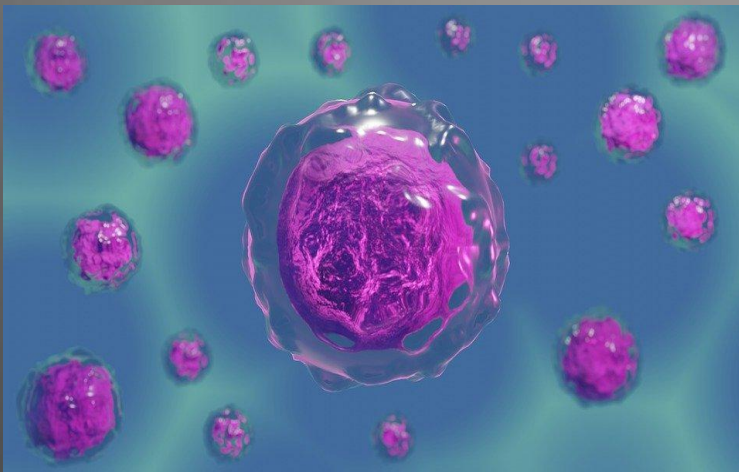
Organizmy żywe zbudowane są z komórek.

Komórka to podstawowa jednostka strukturalna organizmu.

Tkanka to zespół komórek wyspecjalizowanych w pełnieniu określonej funkcji. Tkanki budują **narządy**, a narządy **układy**.

Układy narządów składają się na **organizm**.

Wśród organizmów żywych występują takie, dla których komórka stanowi cały organizm - **organizmy jednokomórkowe**, inne z kolei są zbudowane z wielu komórek – **organizmy wielokomórkowe**.



Skład chemiczny komórek

Do najważniejszych pierwiastków budujących związki chemiczne wchodzące w skład komórek należą :

- **tlen** (wchodzi w skład m.in. cząsteczek wody; stanowi 65% masy człowieka) ,
- **węgiel** (jest rusztowaniem w związkach organicznych, stanowi 18% masy człowieka),
- **wodór** (10% masy człowieka),
- **azot** (3% masy człowieka)
- **mikroelementy Ca, P, K, S, Na, Mg, Cl, Fe, I, Mn, Cu, Zn, Co, F, Mo, Se** itd.(których masa u człowieka nie przekracza 2% masy całkowitej)

Komórki organizmów żywych zawierają kilka rodzajów związków chemicznych o różnej strukturze i właściwościach. Zawartość tych związków może być różna u poszczególnych grup organizmów.

Skład chemiczny komórek cd.

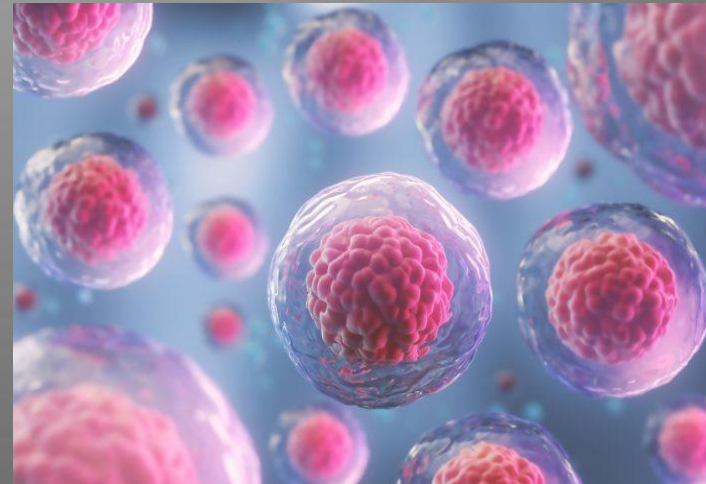
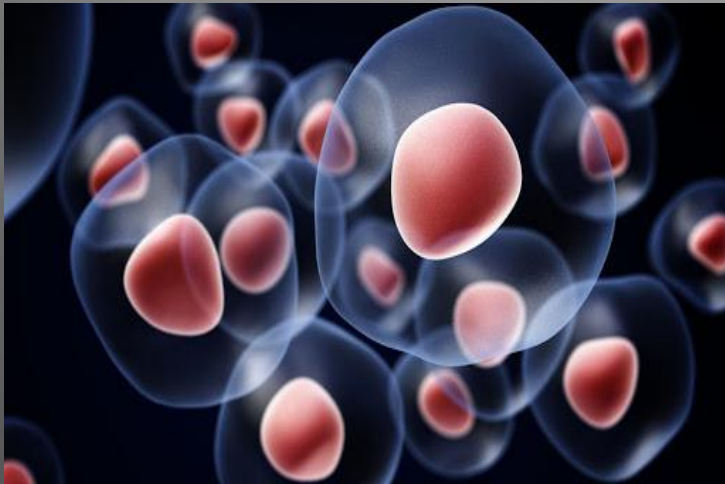
- **Woda** stanowi największą masę w komórce nawet do 90% jest środowiskiem reakcji biochemicznych, a także czasami jest ich substratem lub produktem.
- **Białka** stanowią 40-60% suchej masy, pełnią wiele funkcji m. budulcową, regulacyjną, katalityczną, transportową. Elementem budulcowym białek są aminokwasy. W niektórych białkach do aminokwasów dołączone są inne związki, co nadaje im specyficzne właściwości np. hemoglobina – składnik krwinek czerwonych wiążący m.in. tlen, to białko zawierające barwnik – hem.
- **Peptydy i oligopeptydy** powstają przez połączenie dwóch lub więcej cząsteczek aminokwasów wiązaniem peptydowym. Pełnią one różne funkcje, są hormonami, naturalnymi antybiotykami niektórych mikroorganizmów.

Skład chemiczny komórek cd.

- **Kwasy nukleinowe, DNA i RNA** odgrywają najważniejszą rolę w przekazywaniu informacji genetycznej oraz biosyntezie białek. Wyjątkami są niektóre RNA, które nie biorą udziału w przekazywaniu informacji genetycznej, pełnią za to funkcję budulcową, wchodząc w skład rybosomów – rRNA (rybosomalny), czy też transportującą – tRNA (transferowy), albo enzymatyczną – snRNA (mały jądrowy).
- **Węglowodany** pełnią głównie funkcję energetyczną i zapasową, służą do modyfikacji innych klas związków (glikozylacja), co jest podstawą procesów regulacyjnych, transportowych, komunikacji i przekazywania sygnału.

Skład chemiczny komórek cd.

- **Lipidy** stanowią podstawę strukturalną błon biologicznych, ale także uczestniczą w prawie każdym procesie komórkowym, jak regulacja, transport, komunikacja, przekazywanie sygnału, metabolizm, dzielą się na: lipidy proste (tłuszczce właściwe i woski), lipidy złożone (fosfolipidy i glikolipidy), lipidy izoprenowe.



Podział komórek

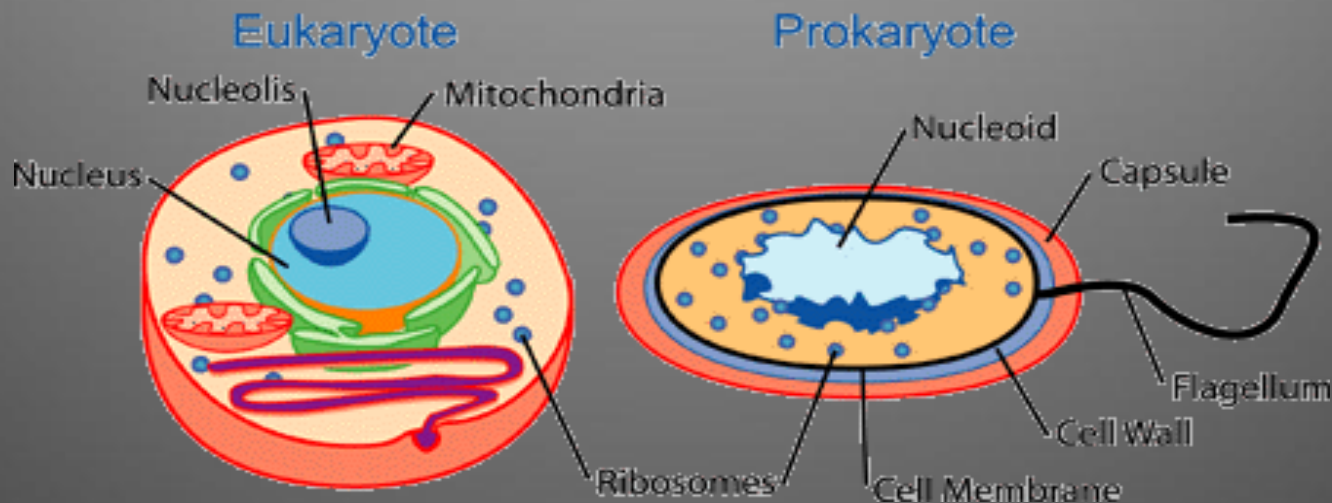
Ze względu na stopień złożoności budowy i obecność jądra komórkowego wyróżnia się:

- **komórki prokariotyczne – bezjądrowe**

średnia wielkość 0,5-10 μm rozmiarów, należą do nich komórki bakterii w tym sinic oraz archeonów

- **komórki eukariotyczne - jądrowe**

średnia wielkość w granicach 10-100 μm , część komórek jest jednak większa, jak np. włókna ramii-50cm, jaja strusia-objętość 700cm³, należą do nich komórki roślinne, zwierzęce, grzybowe



Największe komórki eukariotyczne

Ramia – Szczmiel biały



Jajo strusia



Komórka prokariotyczna

- **Nazwa** pochodzi od greckich słów *pros* ("przed") i *karyon* ("orzech", "jądro").
- **Kształt** komórek zwykle kulisty lub nitkowato wydłużony, rzadziej poskręcany (krętki), czy rozgałęziony (maczugowce, prątki). Część tworzy zgrupowania kilku komórek (gronkowce, paciorkowce)

formy kuliste



ziarniaki



dwoinki



paciorkowiec



gronkowiec



pakietowiec

formy wydłużone

pałeczka



laseczka



maczugowiec

formy skręcone i spiralne

przecinkowiec



śrubowiec



krętka

formy rozgałęzione



promieniowiec



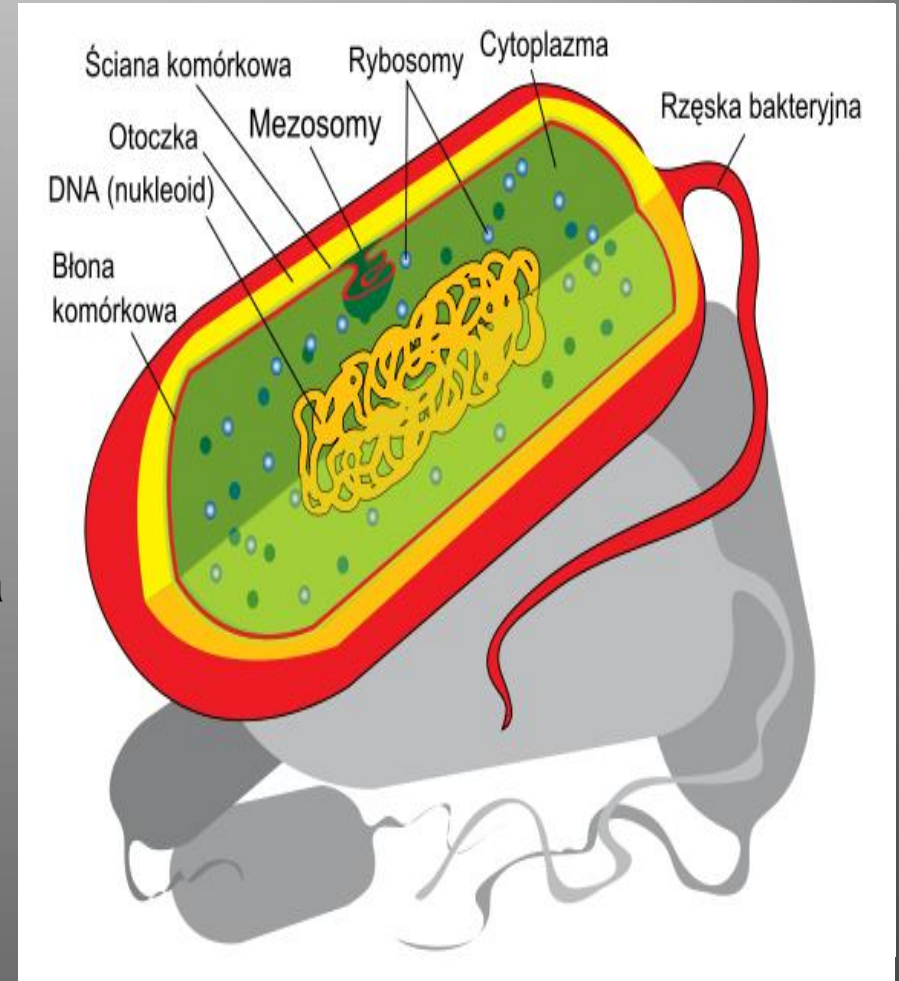
prątek

Budowa komórki prokariotycznej

- **ściana komórkowa**

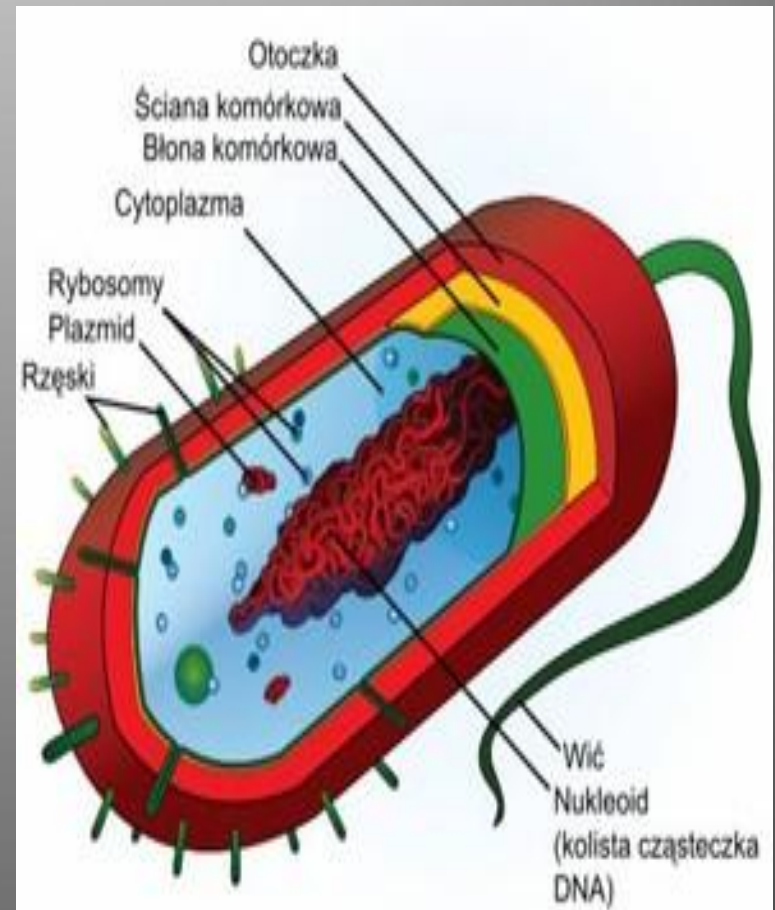
decyduje o kształcie komórki, chroni ją przed pęknięciem w wyniku zwiększonego napływu wody do jej wnętrza. U bakterii właściwych zbudowana jest ze związku białkowo-cukrowego zwanego **mureiną**.

U archeonów głównym jej składnikiem jest pseudomureina lub białka. Część archeonów i wszystkie mikoplazmy (grupa bakterii) nie posiadają ściany komórkowej.



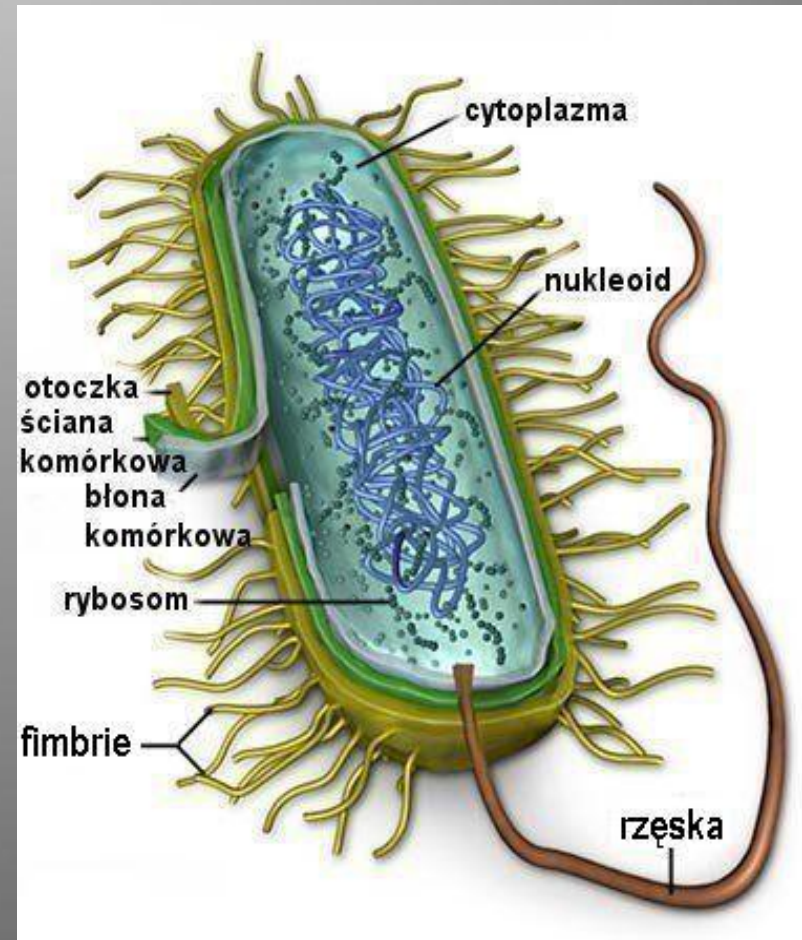
Budowa komórki prokariotycznej

- **Otoczka**
okrywa ścianę komórkową.
Zbudowana jest z wielocukrów lub białek. Pełni funkcję ochronną (chroni przed wyschnięciem).
- **Rzęski i wici**
nie są pokryte błoną komórkową, są zbudowane z nasady zakotwiczonej w błonie i ścianie komórkowej, haka oraz pojedynczego włókna flageliny (białka), umożliwiają ruch
- **Błona komórkowa**
odpowiada za pobieranie wody, soli mineralnych i pokarmu, wydzielanie substancji na zewnątrz, odbieranie bodźców ze środowiska zewnętrznego oraz procesy metaboliczne komórki (oddychanie tlenowe i beztlenowe). Zbudowana jest lipidów oraz białek.



Budowa komórki prokariotycznej

- **Cytoplazma**
wypełnia przestrzeń ograniczoną błoną. To układ koloidalny, w którym fazę rozpraszającą stanowi woda, a fazę rozproszoną białka. Występują w niej liczne ziarna materiału zapasowego np. węglowodany.
- **Nukleoid**
pełni funkcje jądra komórkowego-steruje wszystkimi czynnościami życiowymi komórki. Jest to nieograniczony błoną obszar cytoplazmy na którym znajduje się cząsteczka DNA nazywana **genoforem** czyli chromosomem bakteryjnym



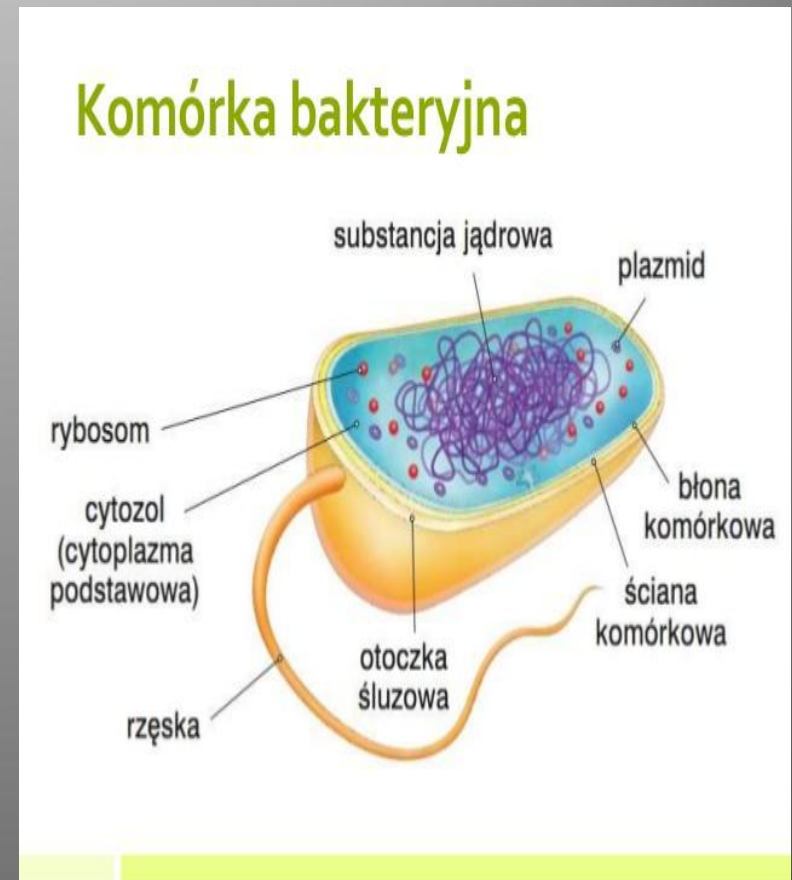
Budowa komórki prokariotycznej

- **Rybosomy**

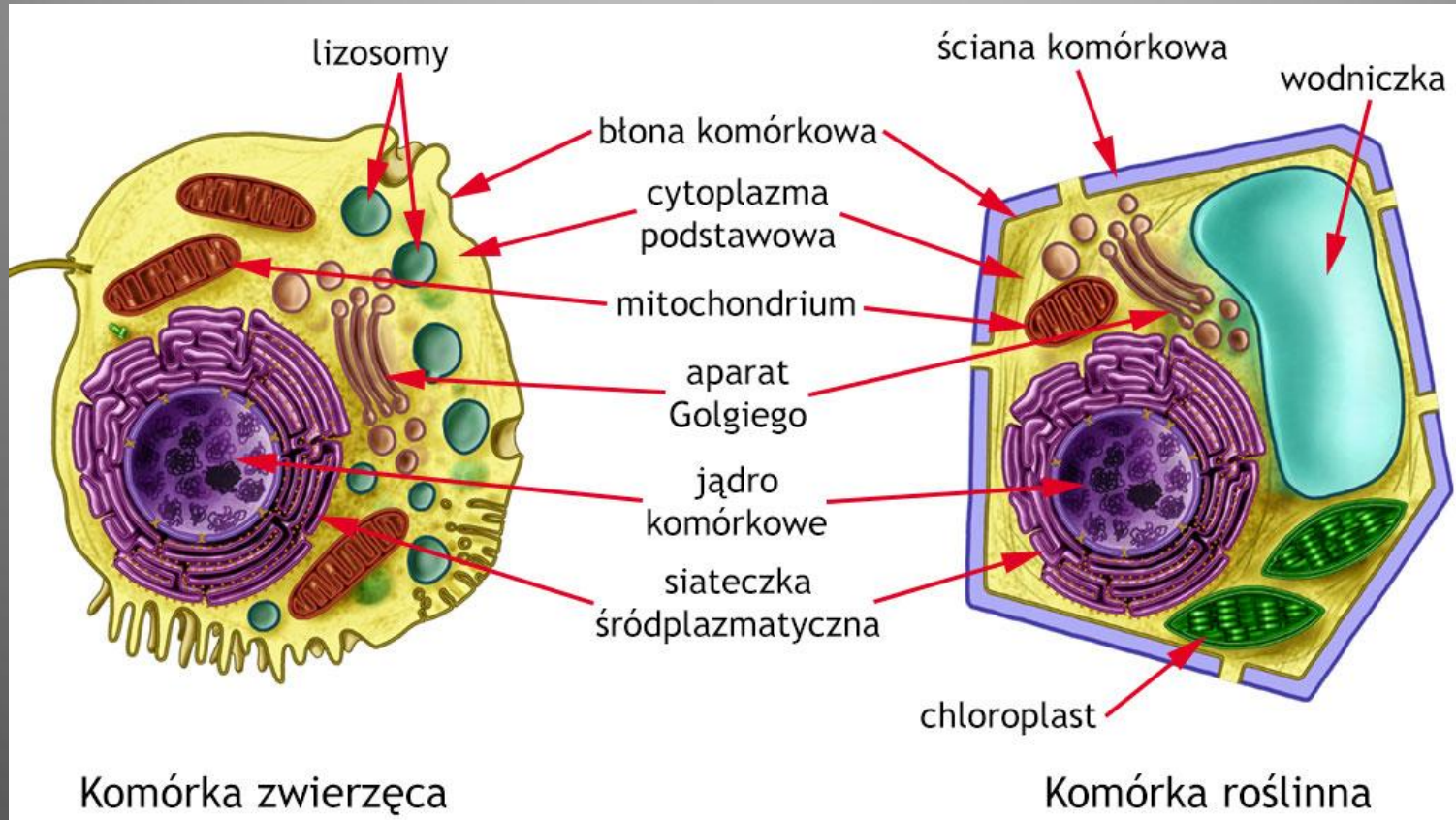
Każdy rybosom zbudowany jest z dwóch dopasowanych do siebie podjednostek: małej i dużej. Obie podjednostki są zbudowane z białek i rRNA (rybosomowy RNA). W pojedynczej komórce prokariotycznej znajduje się około 20 tys. rybosomów, które stanowią około jednej czwartej jej masy. Miejsce syntezy białek.

- **Tylakoidy**

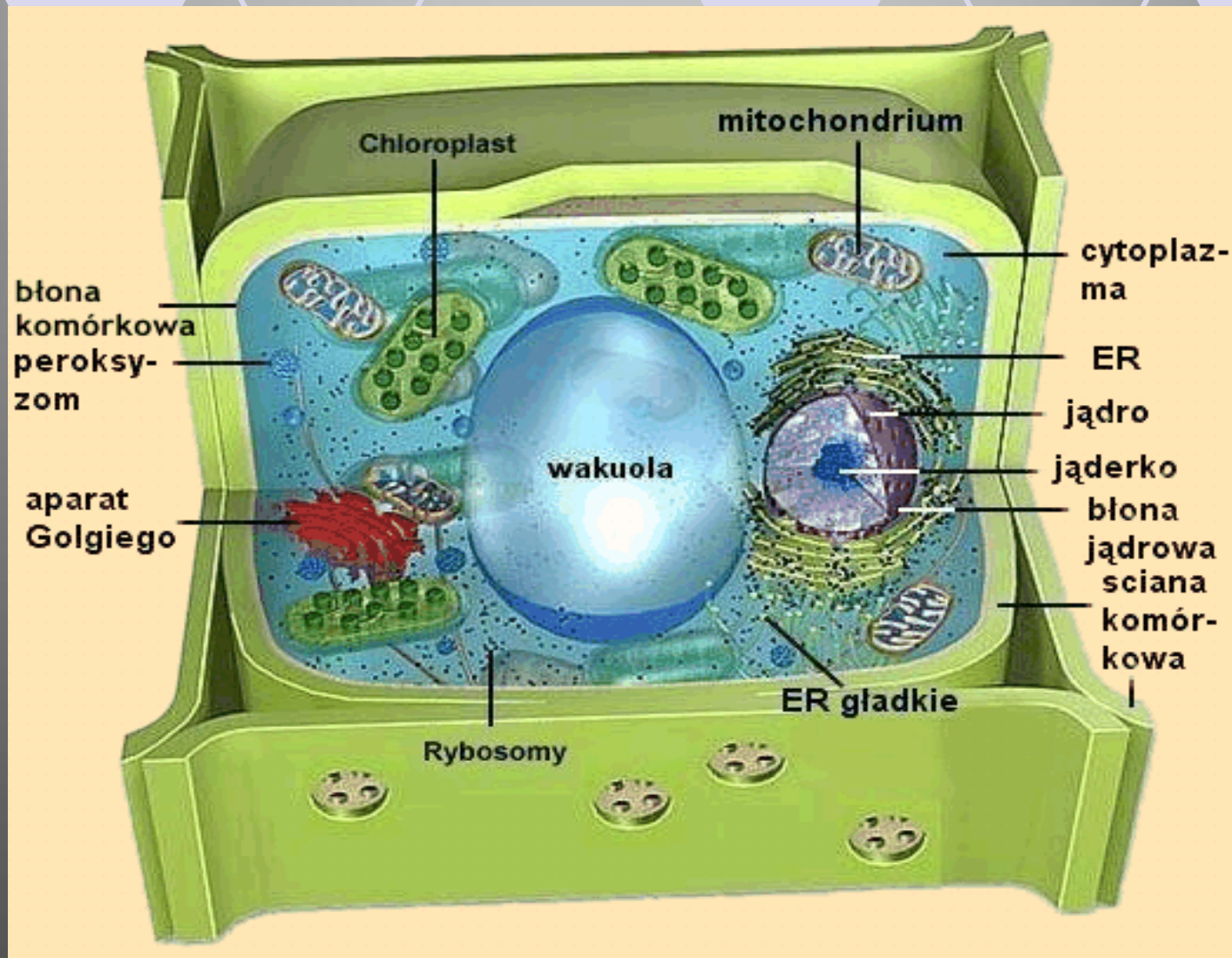
to pęcherzykowata struktura pełniąca funkcje aparatu fotosyntetycznego. Powstaje przez wypuklenie błony komórkowej i ma zbliżony do niej skład. Występuje u sinic i bakterii zielonych i purpurowych.



Komórki eukariotyczne



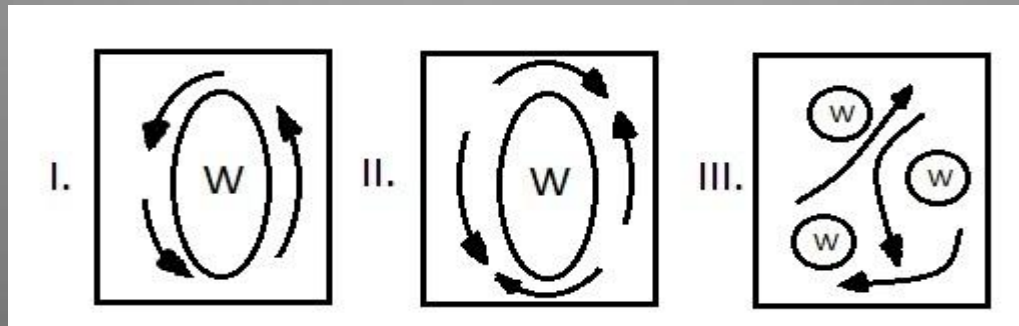
Komórka roślinna



Cytoplazma

- Półpłynna, galaretowata masa.
- O zmianie jej stanu fizycznego decyduje uwodnienie lub odwodnienie.
- Znajdują się w niej składniki komórki (organelle).

Ruchy cytoplazmy



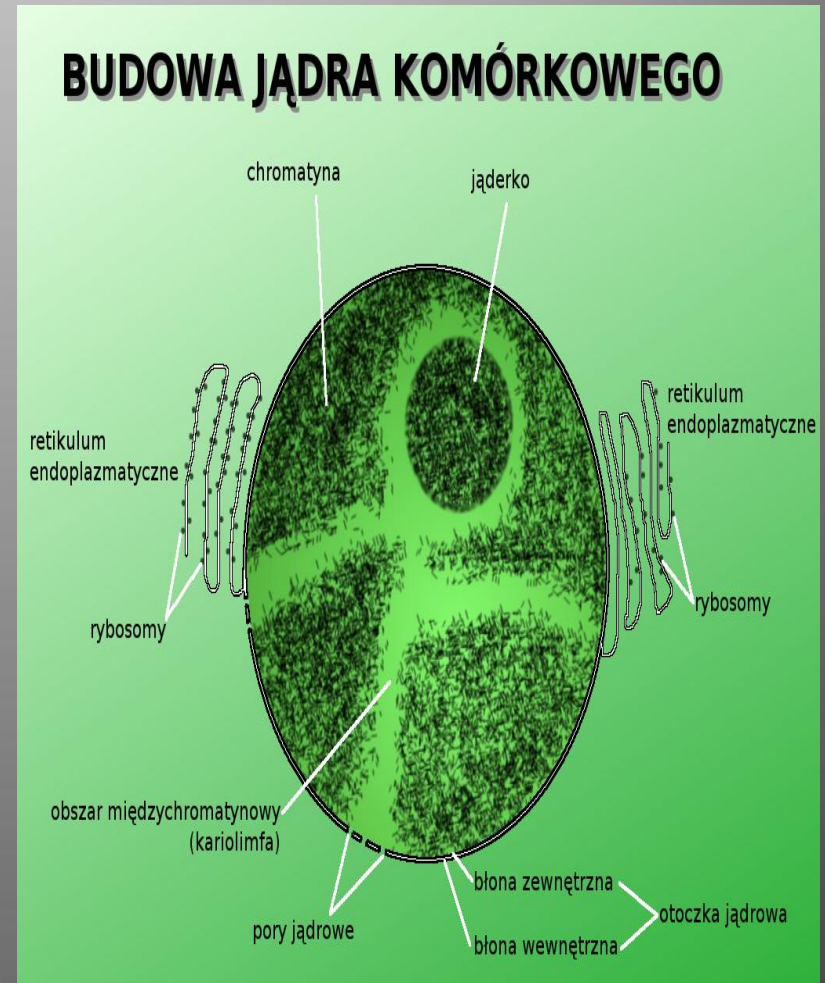
I rotacyjny – cytoplazma płynie w jednym kierunku wokół wakuoli

II pulsacyjny – cytoplazma płynie raz w jednym raz w drugim kierunku

III cyrkulacyjny – cytoplazma płynie w różnych kierunkach po licznych mostkach cytoplazmatycznych

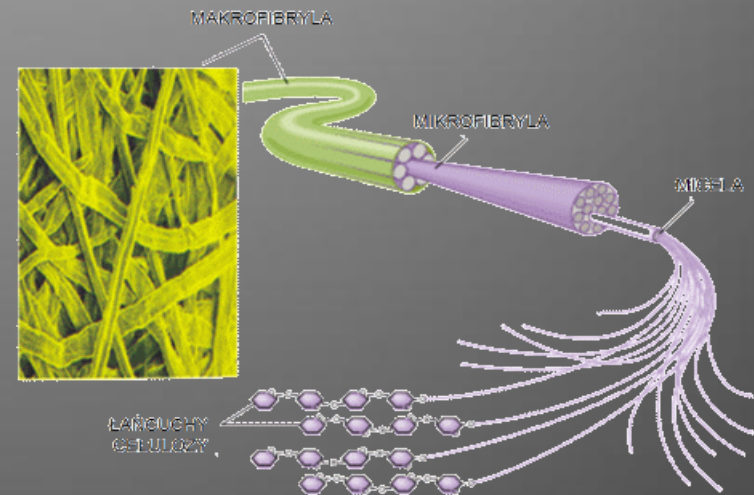
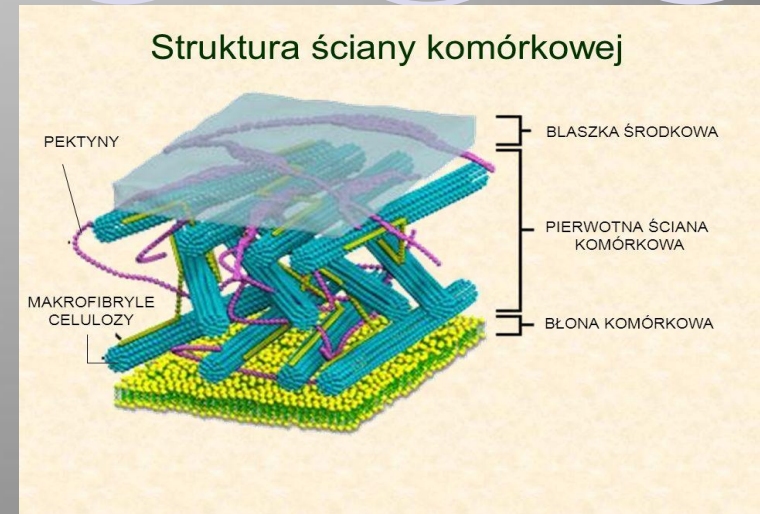
Jądro komórkowe

- W jądrze komórkowym znajduje się materiał genetyczny w postaci DNA, znajduje się instrukcja, jak komórka ma budować białka.
- Jąderko odpowiada za syntezę RNA – to kopia DNA.
- mRNA to matrycowy czyli informacyjny RNA - przenosi on przepisana informację genetyczną z DNA występującego w jądrze komórkowym przez pory do cytoplazmy na rybosomy. Jest to konieczne, gdyż DNA nie może opuszczać jądra komórkowego, jest zbyt cenne.
- tRNA przenosi znajdujące się w cytoplazmie aminokwasy na rybosomy;
- rRNA rybosomalny RNA - wchodzi w skład rybosomów,



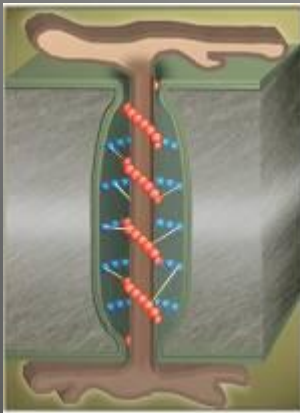
Ściana komórkowa

- Najbardziej zewnętrzna warstwa komórki roślinnej.
- Nie stanowi bariery dla związków chemicznych wnikających do komórki ze środowiska zewnętrznego (przepuszczalna).
- Jej główny składnik to **celuloza**, której cząsteczki połączone są w charakterystyczne łańcuchy ugrupowane w wiązki nazywane mikrofibryllami.
- Przestrzenie między mikrofibryllami mogą być przesycone różnymi substancjami chemicznymi:
 - **lignina** – powoduje drewnienie i usztywnienie ścian (w komórkach martwych- funkcja wzmacniająca i ub przewodząca)
 - **suberyna i woski** - substancje tłuszczowe (w ścianach komórek korka – funkcja ochronna)



Ściana komórkowa

- Plazmodesmy zapewniają kontakt pomiędzy protoplastami komórek sąsiadujących.
- Ściana komórkowa posiada otworki (pory), przez które przenikają pasma cytoplazmy, zwane **plazmodesmami**.
- Otworki ściany komórkowej mogą znajdować się w specjalnych zagłębieniach ściany, zwanych jamkami, co umożliwia kontakt między komórkami otoczonymi ścianą komórkową.



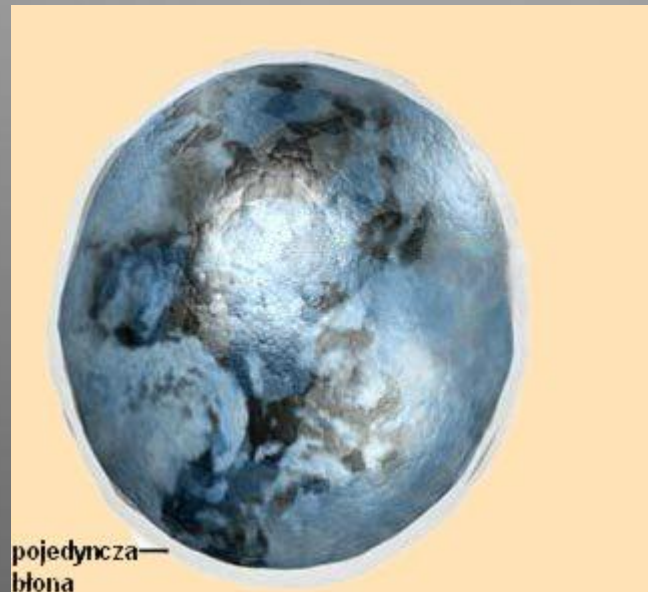
Budowa plazmodesmy

Funkcje:

- chroni przed urazami mechanicznymi i infekcjami bakteryjnymi i wirusowymi,
- ogranicza wzrost komórki,
- jest zabezpieczeniem przed nadmiernym parowaniem wody (transpiracja,
- nadaje komórce kształt i sztywność

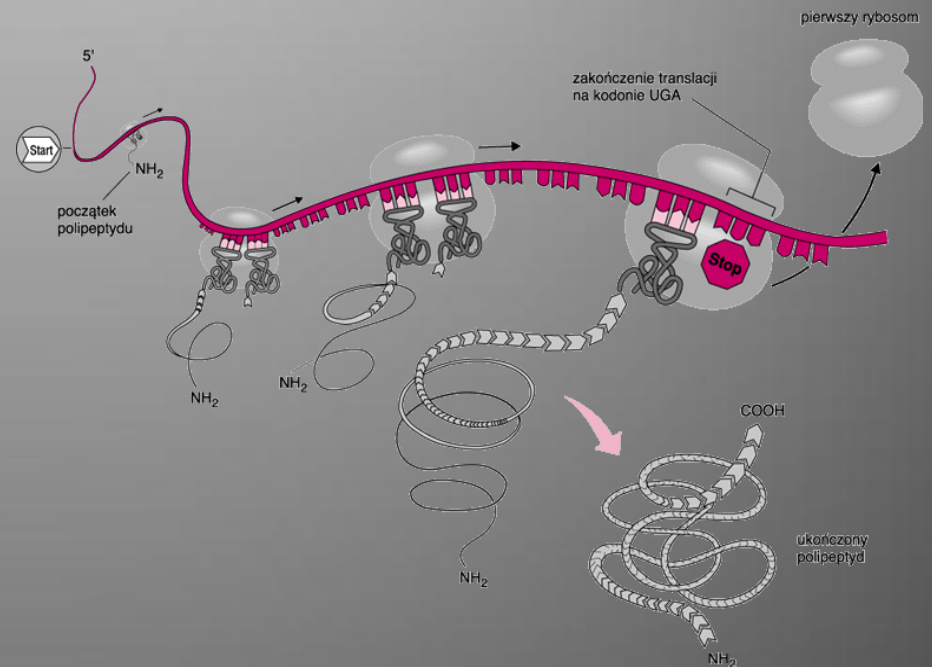
Peroksysomy

- Wyspecjalizowane pęcherzyki (mikrociała) zawierające enzymy utleniające, które katalizują szereg reakcji metabolicznych.
- W komórkach mięsiszowych liścia występują w pobliżu chloroplastów.



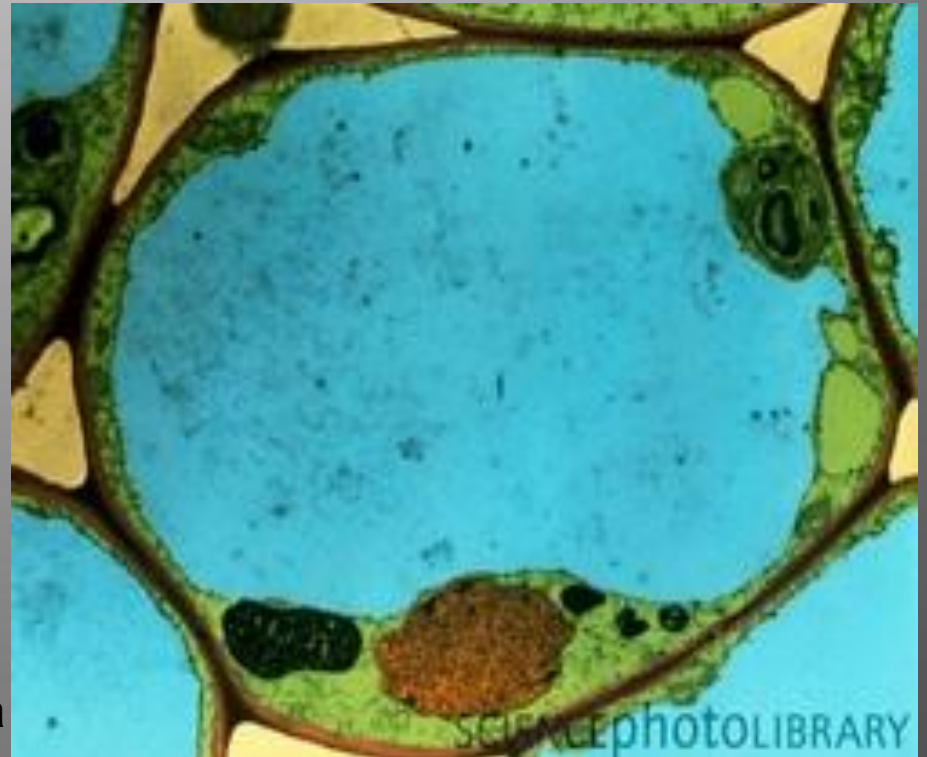
Rybosomy

- Na rybosomach zachodzi synteza białek.
- Występują we wszystkich komórkach. Liczba rybosomów w komórkach eukariotycznych wynosi około parę milionów.
- Powstają w jąderku, składają się z dużej i małej podjednostki, każda ma rybosomalne RNA i białka.
- Rybosomy małe występują u Prokaryota oraz w plastydach i mitochondriach u Eucaryota.
- Rybosomy duże występują w cytoplazmie komórek eukariotycznych.



Wakuole

- Należą do martwych części komórki, zajmują nawet do 90% objętości komórek roślinnych.
- Wakuola magazynuje wodę, wydaliny, związki organiczne np. kwas jabłkowy nadający owocom smak, magazynuje także barwniki:
 - antocyjany nadają zabarwienie czerwone niebieskie lub fioletowe owocom (śliwka, winogrono, borówka),
 - flawony nadają barwę żółtą.
 - substancje toksyczne -alkaloidy, nadają gorzki smak, są to np: nikotyna w liściach tytoniu, kofeina w ziarnach kawy.
- Wakuola utrzymuje turgor czyli jędrność komórki



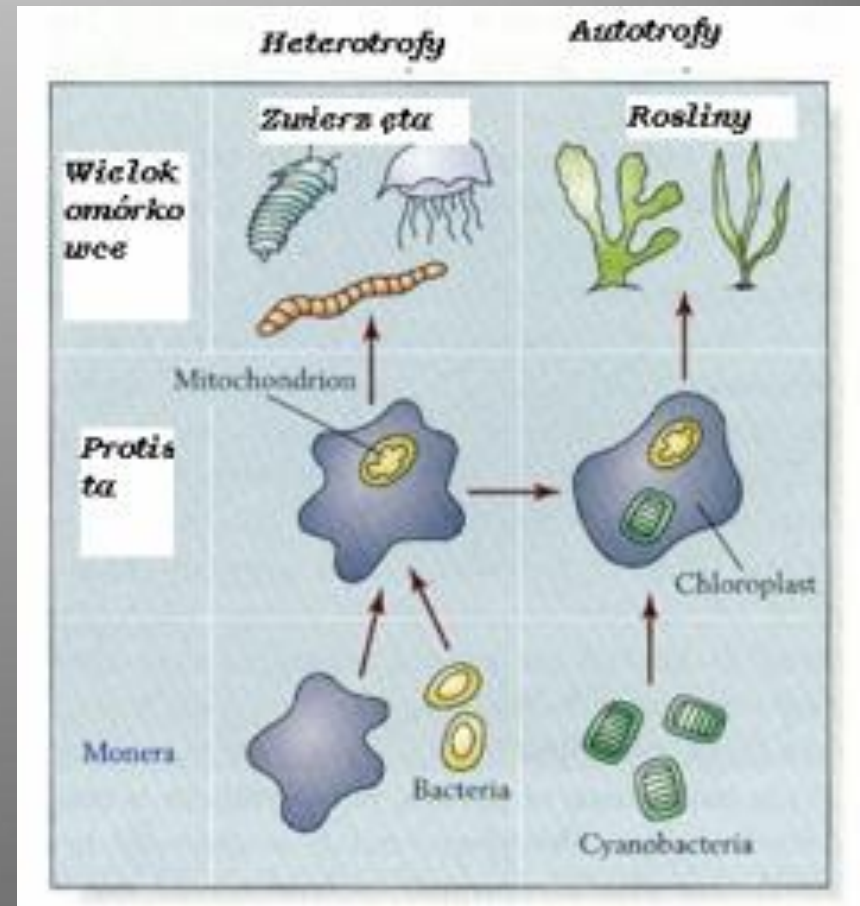
Lizosomy

- Funkcją lizosomów jest trawienie i rozkładanie odpadków komórki
- zawierają one enzymy hydrolityczne tzw. kwaśne hydrolazy. Enzymy te degradują białka, węglowodany, tłuszcze oraz kwasy nukleinowe.
- Wnętrze lizosomu ma odczyn kwaśny, $\text{pH} = 5$, ponieważ jest to optymalne odczyn środowiska dla enzymów hydrolitycznych. Inną funkcją lizosomów jest rozkład nieprawidłowych części komórki. Lizosomy występują zarówno w komórkach roślinnych jak zwierzęcych.



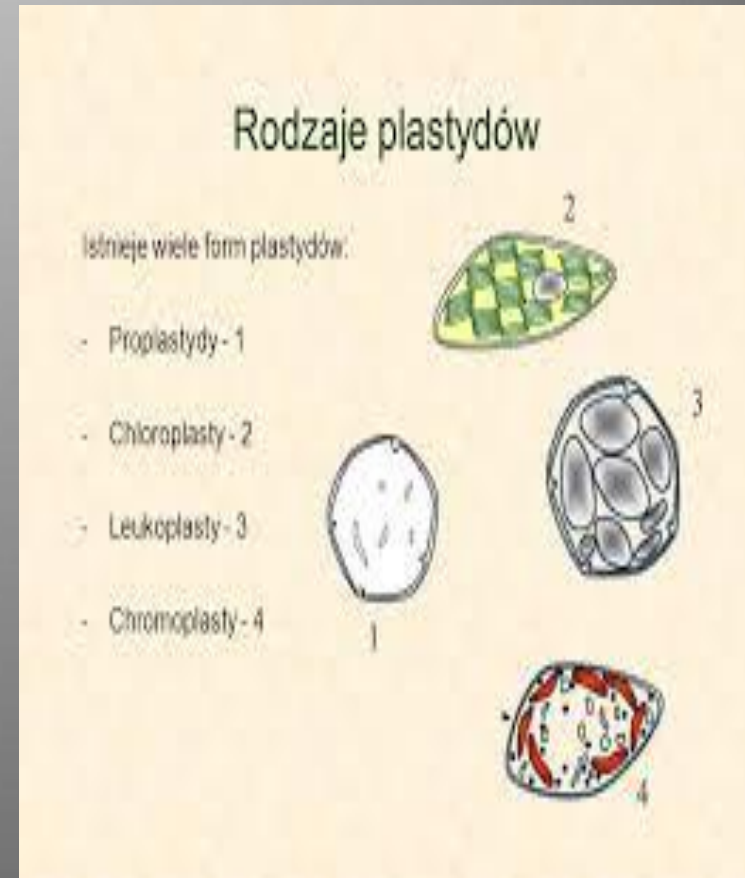
Teoria endosymbiozy

- Zgodnie z tą teorią mitochondria i plastydy są potomkami bakterii, które w okresie kształtowania się komórki eukariotycznej zamieszkały wewnątrz innych komórek. Związek między nimi a gospodarzami się zacieśniał i zaczęły przekazywać swój materiał genetyczny do jądra komórki gospodarza.
- Mitochondria i plastydy posiadają własne genomy - nagie koliste cząsteczki DNA (takie same jak u bakterii)



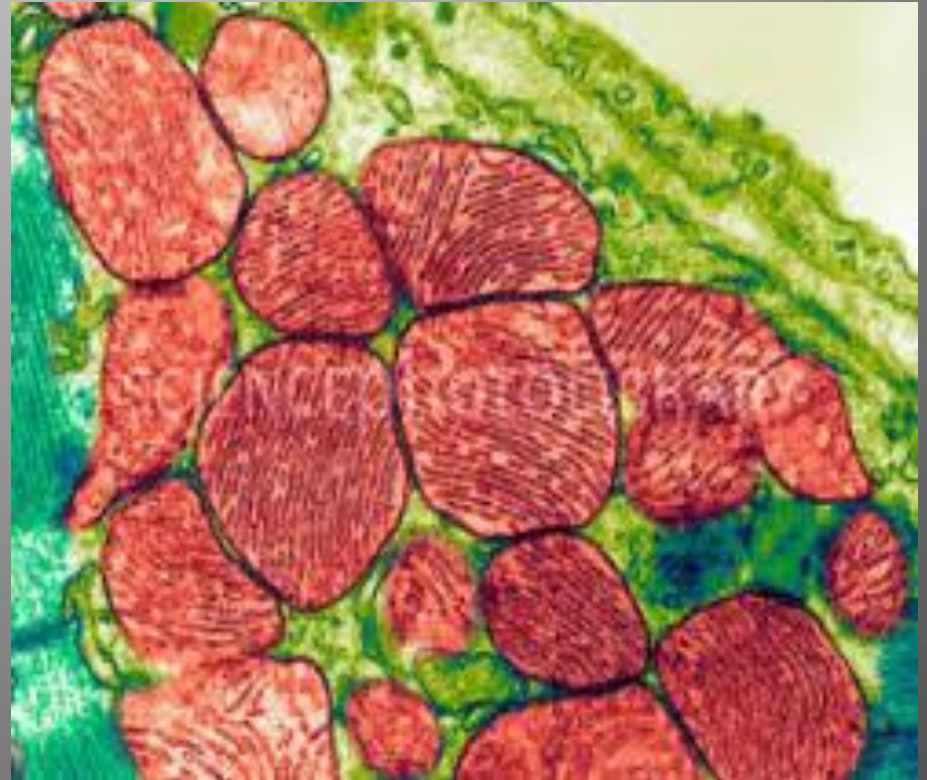
Plastydy – śpiżarnia komórki

- Wszystkie plastydy mają dyskowaty lub walcowaty kształt i otoczone są podwójną błoną biologiczną
- Plastydy, ponieważ mają wspólne pochodzenie, mogą przekształcać się w różne formy w zależności od warunków środowiska i stanu fizjologicznego rośliny.
- etioplasty zawierają nieczynną postać chlorofilu, pod wpływem światła przekształcają się w chloroplasty, występują np. w pędach kiełkujących pod ziemią.
- leukoplasty to struktury przeznaczone do magazynowania substancji zapasowych, nie zawierają żadnych barwników, występują w organach przetrwalnych i spichrzowych,
- np. w nasionach, korzeniach spichrzowych buraka, liściach spichrzowych kapusty czy w owocach, magazynują:- cukry, szczególnie skrobię, np. w bulwach ziemniaka,- tłuszcze,- białka.



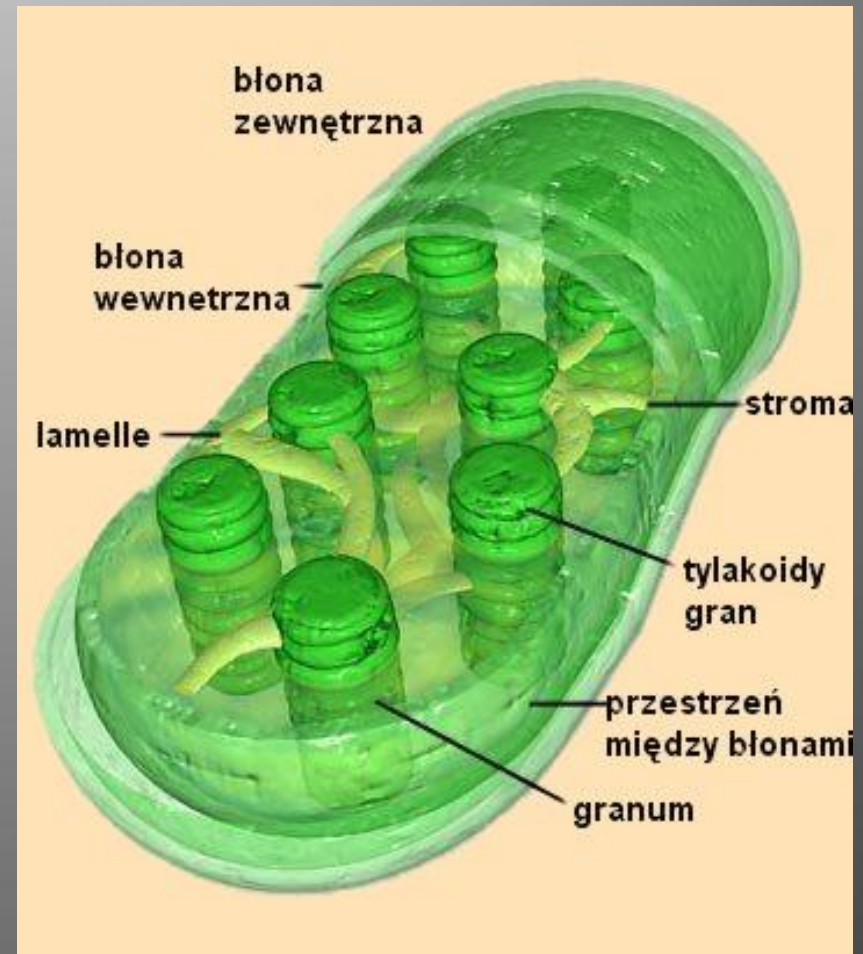
Chromoplasty

- chromoplasty nadają barwę różnym częściom roślin
- zawierają barwniki z grupy karotenoidów (żółte ksantofile i czerwone karoteny)
- barwią płatki korony kwiatów słonecznika, owoce pomidorów, nasiona kukurydzy, korzenie marchwi,
- liście odpowiedzialne są za "jesienną" barwę liści, kiedy to chloroplasty przekształcają się w chromoplasty - roślina wycofuje chlorofil do części trwałych, a w plastydach odstaniają się barwniki karotenoidowe towarzyszące chlorofilowi



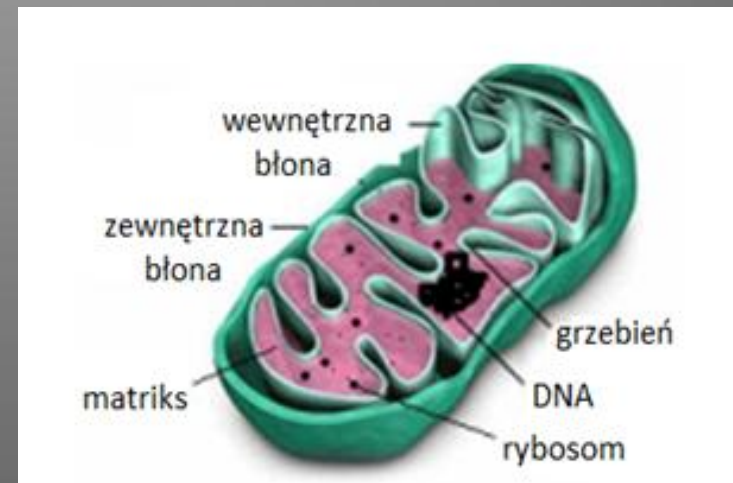
Chloroplasty – fabryki glukozy

- chloroplasty to organelle odpowiedzialne za samożywność roślin
- zachodzi w nich fotosynteza, zawierają chlorofil oraz karotenoidy, nadają zieloną barwę liściom i łodygom, znajdują się w zielonych częściach roślin
- W chloroplastach zachodzi fotosynteza. $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{energia światła} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
- Fotosynteza przebiega w dwóch fazach:
- faza jasna, = zależna od światła, przebiega w błonach gran, tam znajduje się chlorofil niezbędny do przeprowadzenia tej fazy
- faza ciemna = niezależna od światła = cykl Calvina przebiega w stromie (cytoplazma) chloroplastu



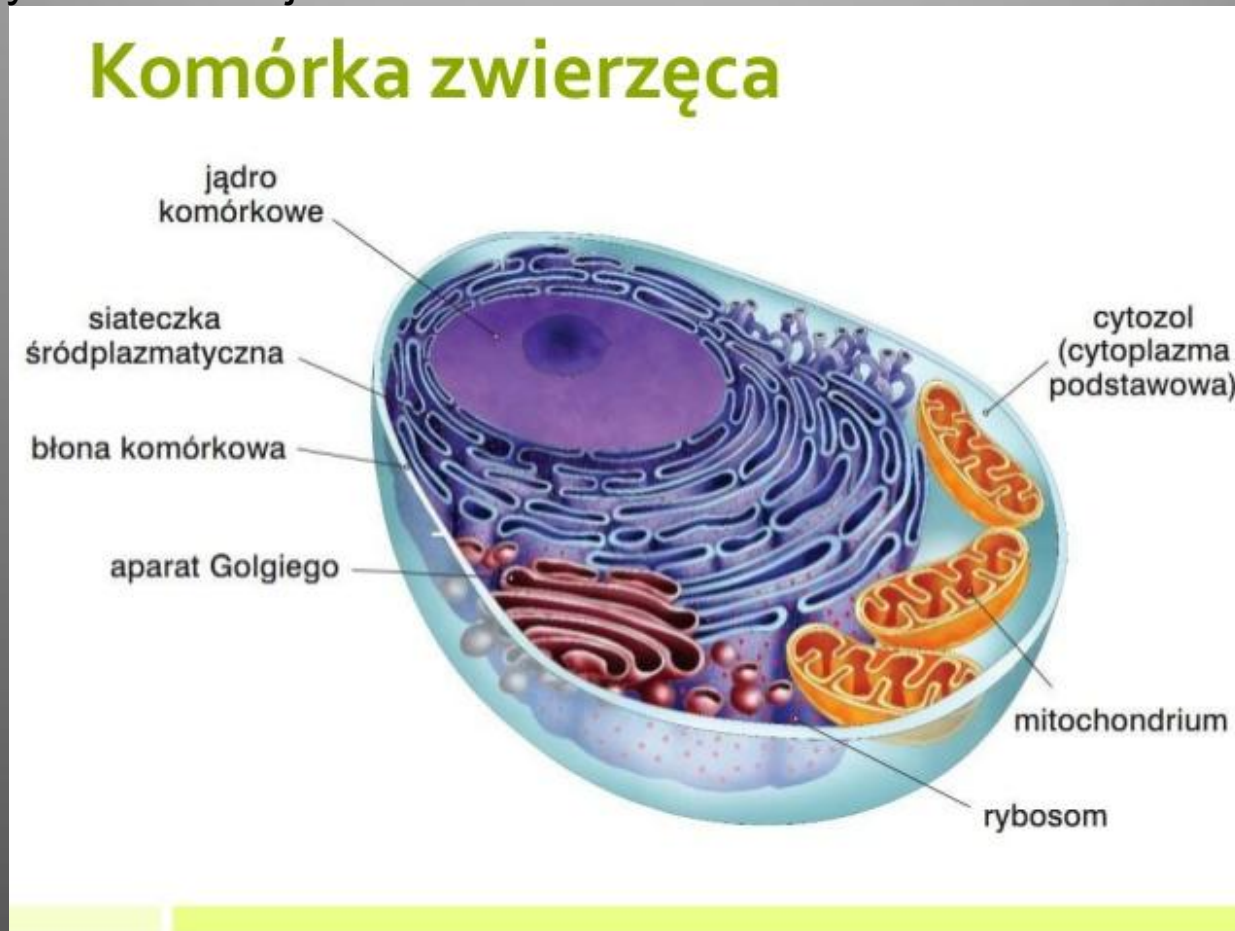
Mitochondria

- Centrum energetyczne komórki - „siłownia” komórki
- Zadanie mitochondrium to oddychanie wewnątrzkomórkowe, bardzo powolne spalanie glukozy pod wpływem tlenu w wyniku tego powstaje energia zmagazynowana w ATP.
- Odpowiada także za wzrost i śmierć komórki
- Mitochondrium ma dwie błony, zewnętrzną i wewnętrzną zwaną grzebieniem mitochondrialnym



Komórka zwierzęca

- W centrum komórki zwierzęcej brakuje dużej wakuoli, plastydów oraz ściany komórkowej



Błona komórkowa (*plasmolemma, cytolemma, plazmolema*)

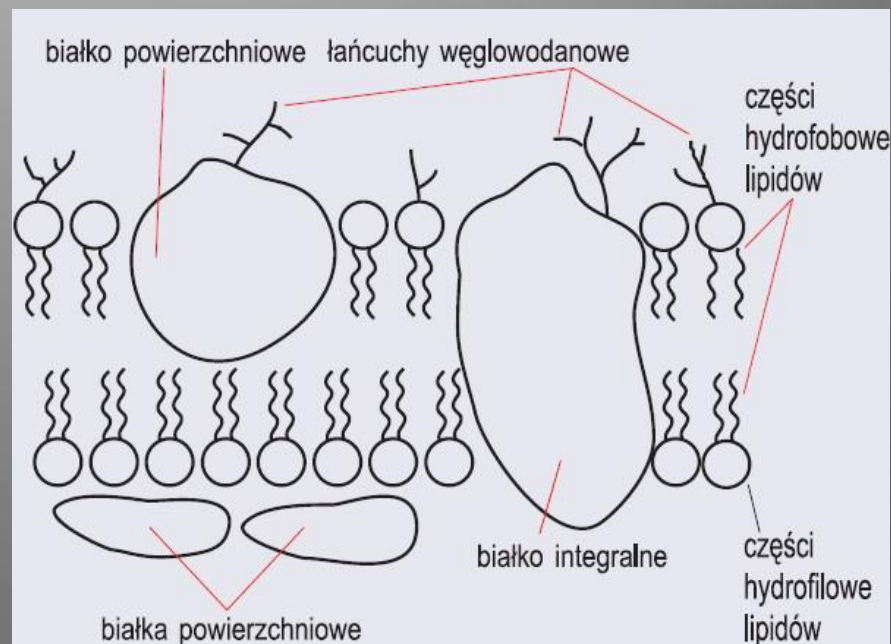
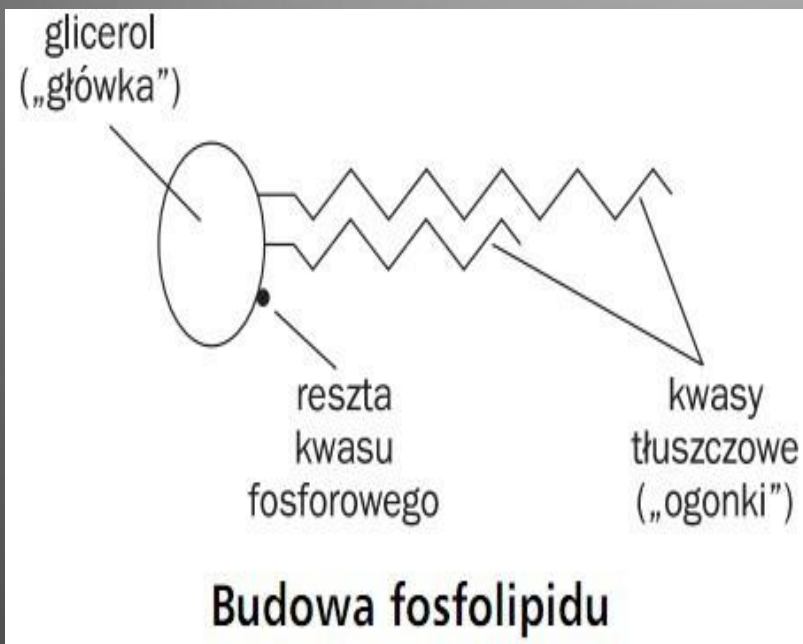
- Ma wygląd dwóch warstw ciemnych (białka) przedzielonych warstwą jasną (lipidy- najczęściej fosfolipidy) Cząsteczki lipidów ustawione w dwóch szeregach są zwrócone do siebie hydrofobowymi „ogonkami” (czyli resztami kwasów tłuszczowych mającymi powinowactwo do tłuszczów). Na zewnątrz w stronę białek skierowane są hydrofilowe „główki” mające powinowactwo do wody.
- Pomędzy fosfolipidami znajdują się białka, których rola może być różna, np.:
 - są elementem budulcowym błony
 - uczestniczą w transporcie substancji do i z komórki (białka transportowe)
 - odbierają sygnały ze środowiska (białka receptorowe).



- Ważnym składnikiem jest cholesterol (5-25% składu lipidów błonowych). Zwiększa lepkość błony.
- Jest strukturą dynamiczną. Fosfolipidy mogą obracać się wokół własnej osi, przemieszczać się w obrębie jednej warstwy, bądź do warstwy sąsiedniej. Białka wbudowane w błonę również znajdują się w ciągłym ruchu, zmieniając położenie pomiędzy fosfolipidami. Błona komórkowa jest ciągle przebudowywana. Ma postać **płynnej mozaiki**

Budowa błony białkowo-lipidowej

W „morzu” lipidów pływają „góry lodowe” białek – struktura mozaikowa.



Transport substancji przez błonę komórkową

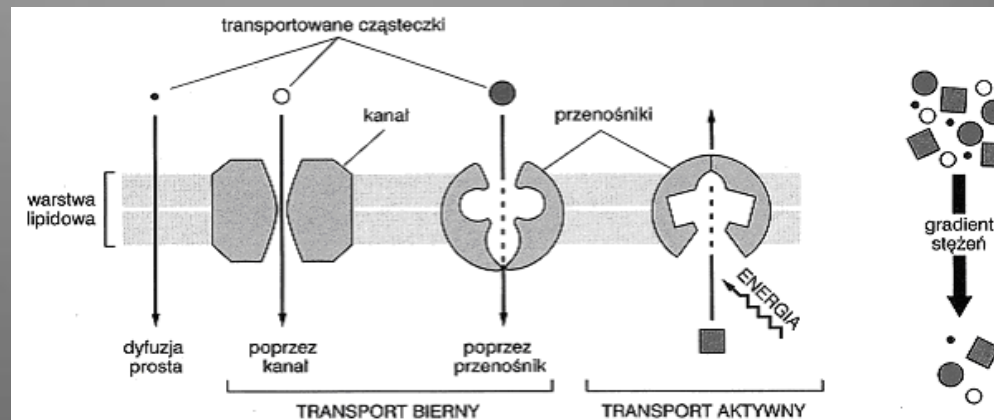
- Błona komórkowa jest **półprzepuszczalna**.

- Możliwość przenikania cząsteczek:

a) małe cząsteczki

- transport bierny (zgodnie z gradientem stężeń, ładunków i ciśnień): filtracja, dyfuzja prosta, dyfuzja ułatwiona, osmoza)

- transport aktywny (wbrew gradientowi stężeń, ładunków, ciśnień)



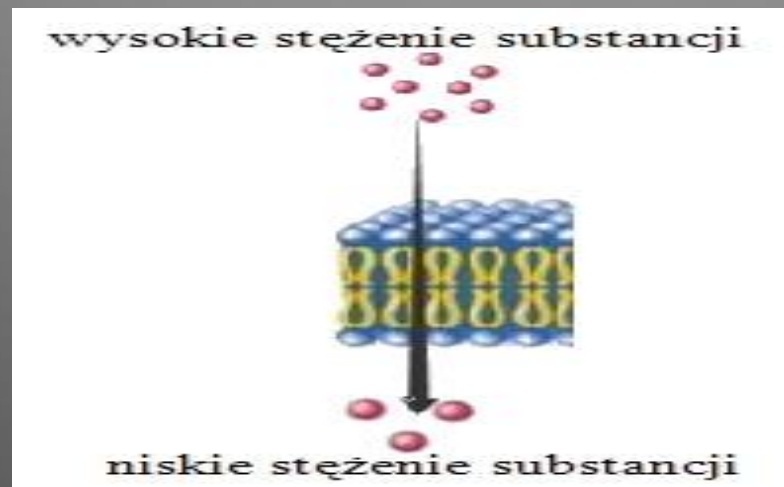
b) duże cząsteczki

- endocytoza: fagocytoza, pinocytoza
- egzocytoza

Transport substancji przez błonę komórkową

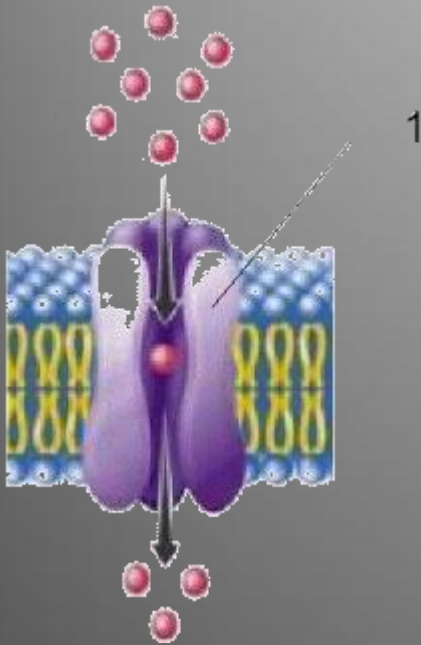
Filtracja – przedostawanie się wody i substancji w niej rozpuszczonych, których średnica jest mniejsza od średnicy porów w błonie. Zachodzi dzięki różnicy ciśnień hydrostatycznych po obu stronach błony np. pierwszy etap tworzenia moczu.

Dyfuzja prosta – swobodne przenikanie substancji przez błonę (dążność cząsteczek do wyrównania stężeń. Odbywa się zawsze w kierunku od wyższego stężenia do niższego (zgodnie z gradientem stężeń). Dotyczy cząsteczek na tyle małych, że mogą zmieścić się w porach pomiędzy cząsteczkami lipidów np. tlen, dwutlenek węgla



Transport substancji przez błonę komórkową

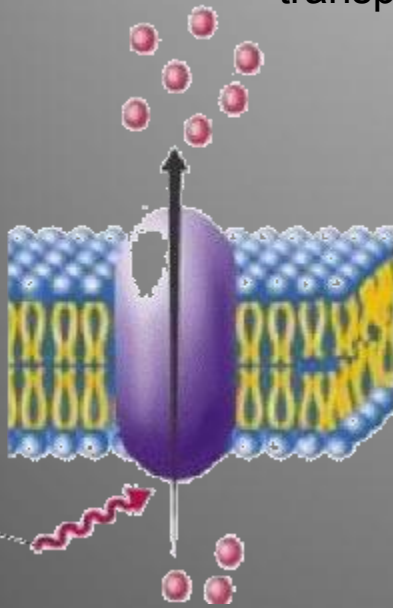
Dyfuzja ułatwiona (wspomagana) - dotyczy cząsteczek większych, które nie mieszczą w porach błony komórkowej, np. glukozy czy aminokwasów. Do przejścia na drugą stronę wykorzystują one odpowiednie białka transportowe. Kierunek transportu jest zgodny z gradientem stężeń, proces ten nie wymaga nakładu energii. Może zachodzić również za pomocą białek błonowych tworzących kanały (selektywne jonowo) np.. transport jonów nieorganicznych



1 – specjalny przenośnik

Transport substancji przez błonę komórkową

Transport aktywny - zachodzi wbrew gradientowi stężeń, czyli od niższego stężenia do wyższego. Przebiega wbrew naturalnym prawom dyfuzji i wymaga sporych nakładów energii z ATP i obecności białek transportowych np. transport cukrów.



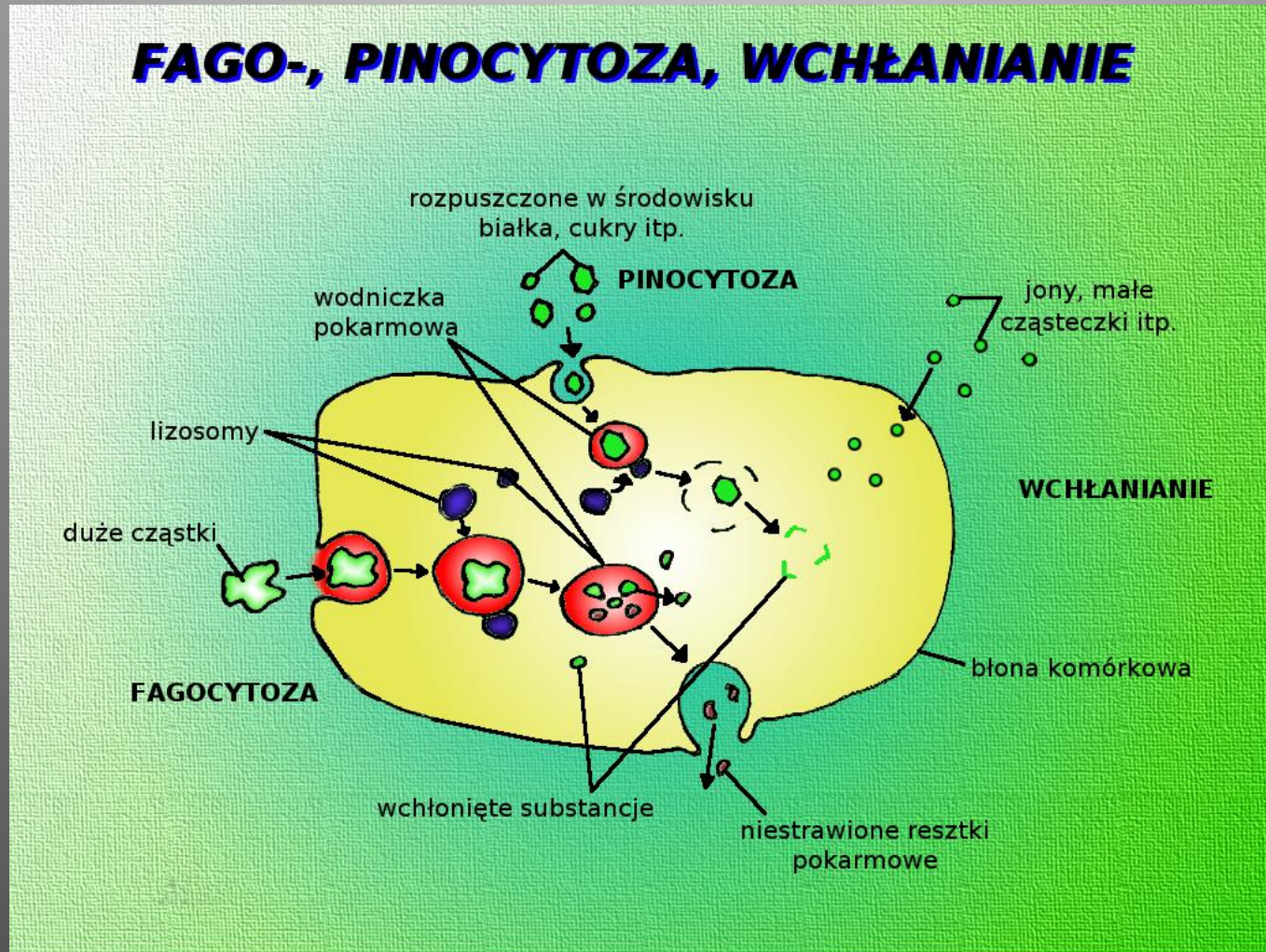
Pinocytoza – pobieranie pojedynczych cząsteczek i substancji płynnych np. białek

Na tej samej zasadzie co pinocytoza – wydalanie z komórki (**egzocytoza**) np. śluz, hormony.

Fagocytoza – pobieranie większych cząstek np. mikroorganizmów

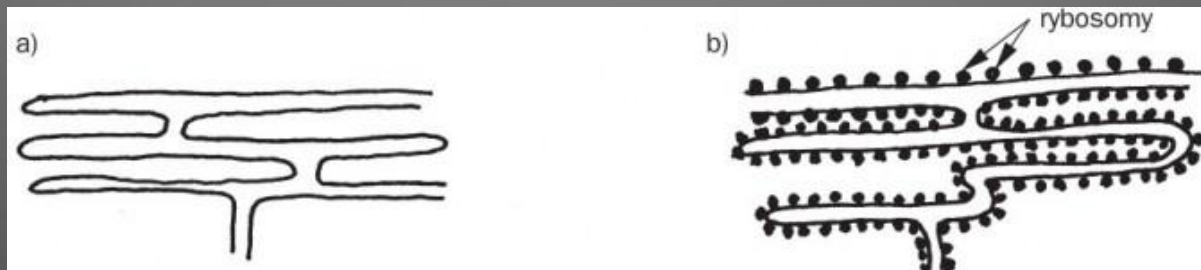
1 – energia pochodząca z rozkładu ATP

Transport substancji przez błonę komórkową



Siateczka śródplazmatyczna - ER (*retikulum endoplazmatyczne*)

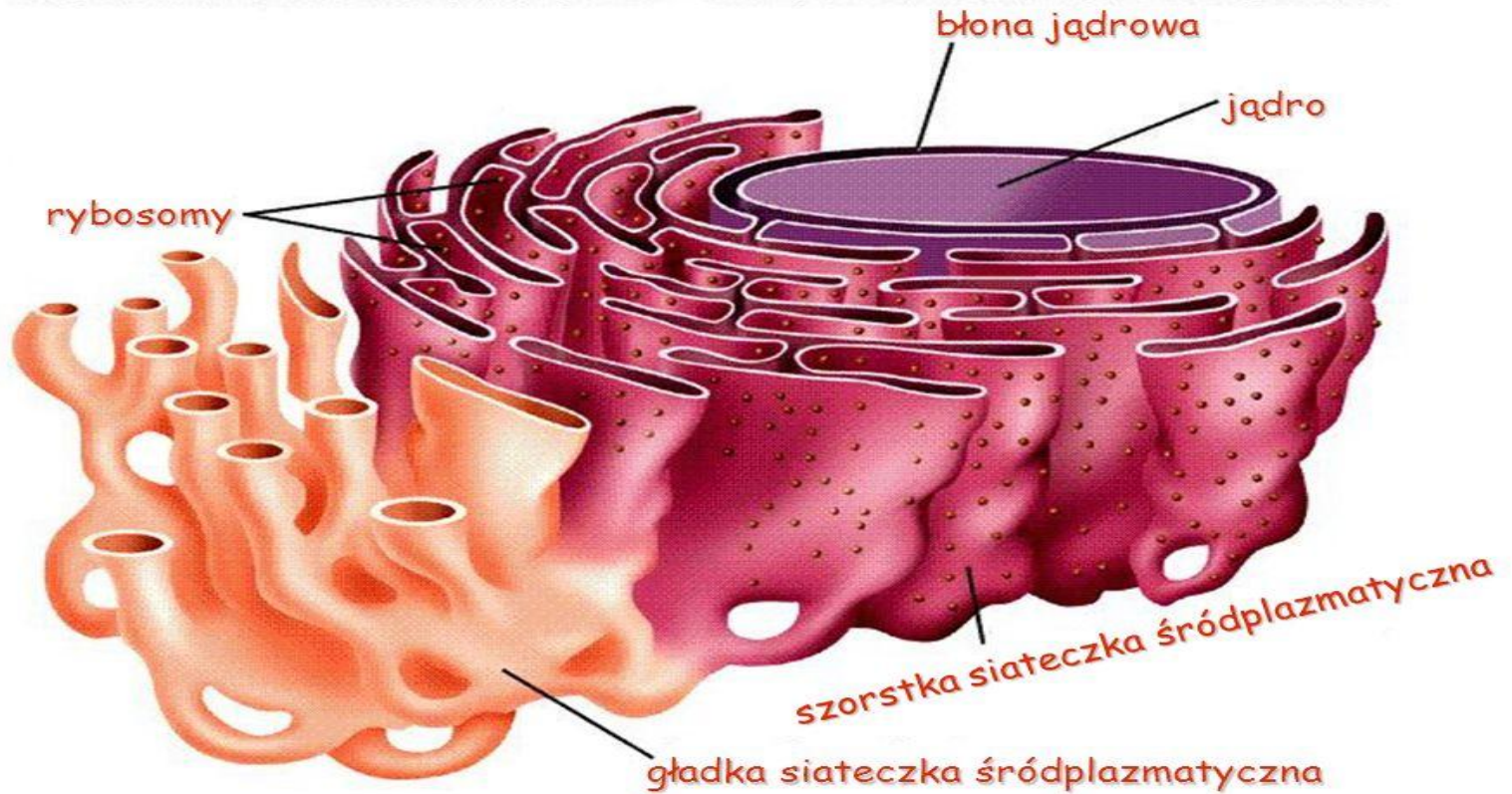
- Występuje we wszystkich rodzajach komórek jądrowych (komórkach protistów, grzybów, roślin i zwierząt).
- Jest system kanalików przecinających wewnątrz komórki, połączonych z błoną komórkową oraz z błoną jądrową. Wyróżniamy:
 - **ER gładkie** - pozbawione rybosomów (miejsce syntezy **lipidów**) np. w komórkach gruczołowych jąder,
 - **ER szorstkie** - pokryta rybosomami (miejsce **syntezy białek**) np. neurony, komórki gruczołowe trzustki (wydzielają enzymy trawienne).
- Funkcje:
 - dzieli komórkę na przedziały, dzięki temu obok siebie mogą zachodzić różne, czasem przeciwstawne reakcje biochemiczne,
 - ułatwia transport wewnątrzkomórkowy - duże cząsteczki (np. białka) są przesyłane kanalikami siateczki.



Siateczka wewnątrzplazmatyczna. a) gładka, b) szorstka

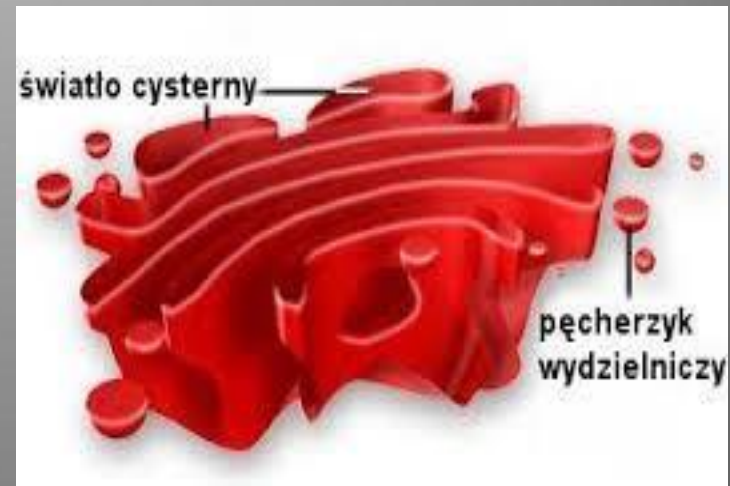
Siateczka śródplazmatyczna

Randy Moore, Dennis Clark, and Darrell Vodopich, Botany Visual Resource Library © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.



Aparat Golgiego

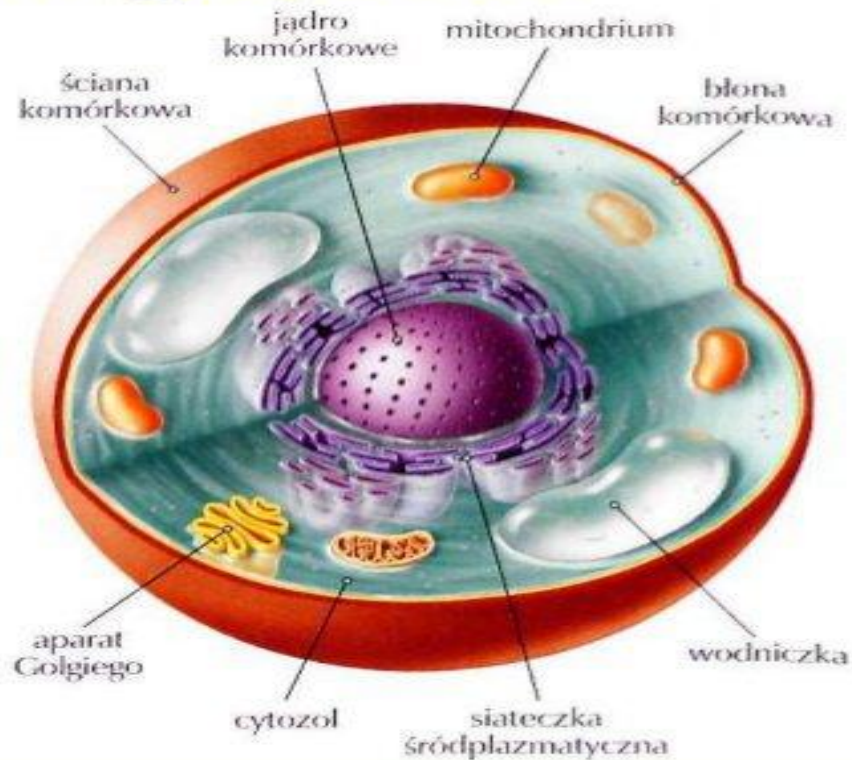
- Struktura związana z siateczką śródplazmatyczną.
- Zbudowana jest z błon w kształcie mocno spłaszczonych woreczków ułożonych jeden obok drugiego (cysterny) i licznych odrywających się pęcherzyków.
- Zachodzą tu **końcowe etapy syntezy białek i lipidów** (w komórkach roślinnych **produkowana jest celuloza** do budowy ściany komórkowej).
- Gotowe produkty zamykane są w banieczkach i w postaci pęcherzyka wędrują do miejsca przeznaczenia, często poza obręb komórki.
- Duża ilość występuje w komórkach gruczołowych.



Komórka grzyba

- Komórki grzybów mają ściany komórkowe z chityny a nie z celulozy.

Komórka grzybowa



Źródła informacji i obrazów:

- **Internet:**

- https://www.google.com/search?q=kom%C3%B3rka+priokariotyczna&tbm=isch&ved=2ahUKEwj-gsDZrbfsAhXF26QKHRWpDwlQ2-cCegQIABAA&oeq=kom%C3%B3rka+priokariotyczna&gs_lcp=CgNpbWcQAziGCAAQChAYOgQIABBD0gUIABCxAzoHCAAQsQM6AggAOgQIABBDOgQIABAEogQIABAT0gYIABAeEBM6CAgAEAgQHhATUMiLB1jmuQdghr0HaABwAHgAgAGFAogB1Q6SAQYwLjE0LjGYAQcGAAQgqAQnd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=RqaIX_7HOcW3kwWV0r4Q&bih=979&biw=1920&rlz=1C1VSNG_enPL704PL721#imgsrc=OtTyjIPeBpdMEM&imgdii=E9rw8yachC5AmM
- https://www.google.com/search?q=mitochondria++&tbm=isch&ved=2ahUKEwiOq-ekr7fsAhUFyKQKHTKpDjsQ2-cCegQIABAA&oeq=mitochondria++&gs_lcp=CgNpbWcQAziCCAAYAggAMgIIADICCAAYAggAMgIADICCAAYAggAMgIADICCAABQjrUBWI61AWDJugFoAHAAeACAAYoCiAGKApIBAZltMZgBAKABAAoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=8aeIX87uEoWQkwWy0rrYAw&bih=979&biw=1920&rlz=1C1VSNG_enPL704PL721
- https://www.google.com/search?q=fago+pinocytoza&tbm=isch&ved=2ahUKEwj0jurBsLfsAhUHD-wKHZ-_DJsQ2-cCegQIABAA&oeq=fago+pinocytoza&gs_lcp=CgNpbWcQAzoFCAAQsQM6AggAOgQIABBDOgQIABAEogQIABAT0gYIABAeEBM6CAgAEAgQHhATUMiLB1jmuQdghr0HaABwAHgAgAGFAogB1Q6SAQYwLjE0LjGYAQcGAAQgqAQnd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=OqmIX_SJJYeesAef_7LYCQ&bih=979&biw=1920&rlz=1C1VSNG_enPL704PL721#imgsrc=xoEqwKGtQmYOiM

- **Rajski A.1986:** Zoologia, PWN, Warszawa, ss.70-87
- **Zespół autorów 1991:** Biologia, PWRiL, Warszawa, ss.14-22
- **Nason A. i L. Dehaan R. 1987:** Świat biologii, PWRiL, Warszawa, ss.138-168
- **J.Holeczek, B.Hasiec i inni 2015:** Teraz matura. Biologia. Vademecum, Nowa Era, Warszawa, ss.40-72
- **M.Guzik, E.Jastrzębska, R.Kozik i inni 2013:**Biologia na czasie. Nowa Era, Warszawa, ss.52-78
- **M.Jefimow 2010:** Puls życia, Nowa Era, Warszawa, ss.13-28