



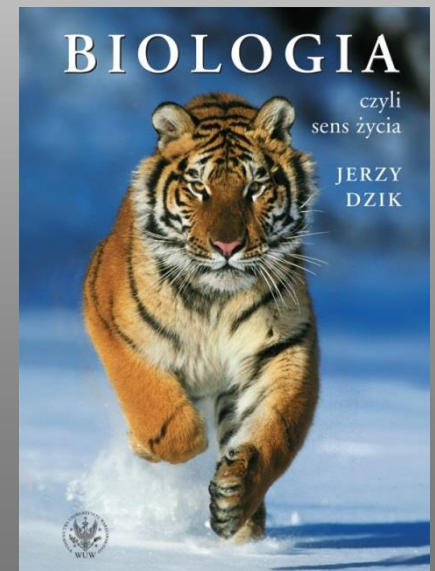
Wstęp do biologii **4.**

# SKUTKI POWSTANIA JĄDRA (*jak działa genom?*)

**Jerzy Dzik**

*Instytut Paleobiologii PAN  
Instytut Zoologii UW*

2017



# **KONSEKWENCJE**

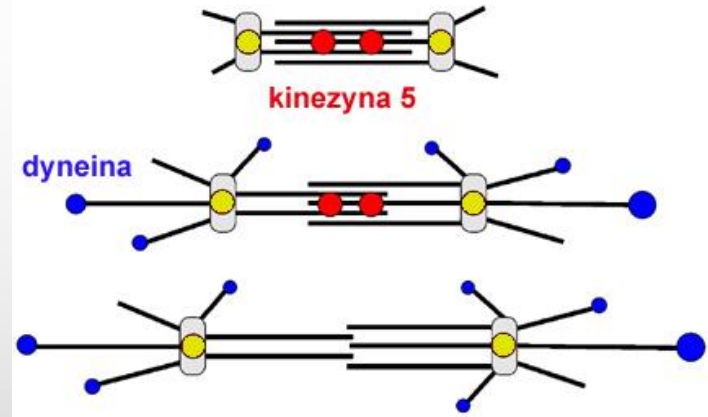
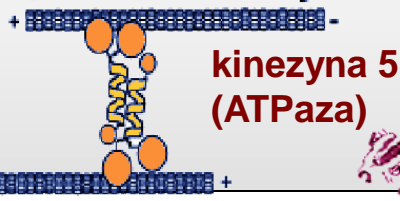
## **eukariotyczności**

- błona jądrowa rozdzieliła translację od transkrypcji
- każdy z tych procesów może się osobno komplikować
- rezultatem jest obecna złożoność komórki
- rozpoczęła się też rozbieżna ewolucja chromosomów

**bo cytoszkielet zapewnił ich precyzyjny rozdział**

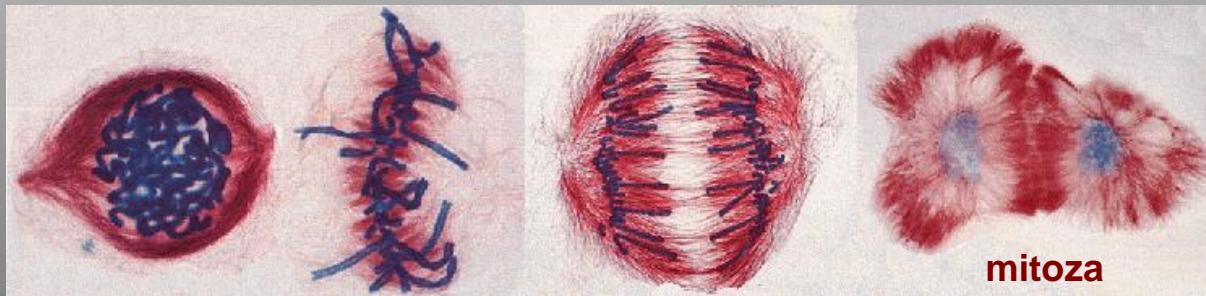
DNA w pojedynczej komórce człowieka ma 1,8 m długości

# SEGREGACJA chromosomów

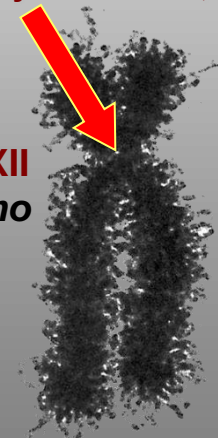


- pierwotnie rozdział bez rozpadu jądra
- białka wiążą przewężenie chromosomu specyficznie z osobnym mikrotubulusem
- mikrotubuli są rozpychane, później odciągane

*microtubuli* łączą się z miejscem centromerowym poprzez białkowy kinetochor, który je "zjada"

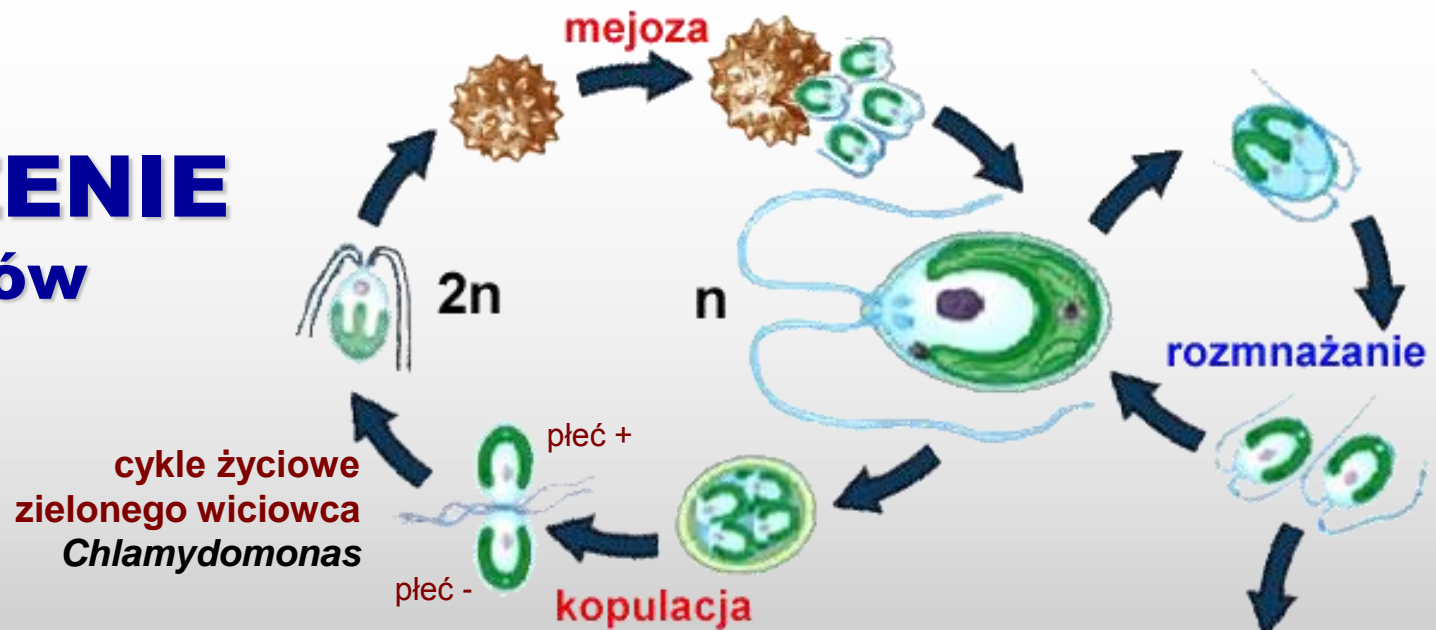


chromosom XII  
*Homo*



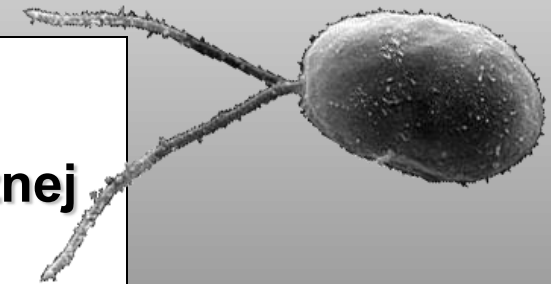
komórki mogą się też łączyć wraz z zestawem chromosomów

# ŁĄCZENIE genomów



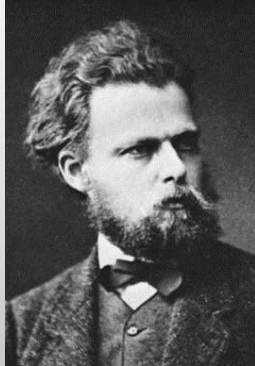
- dwa komplety DNA ułatwiają jego naprawę
- horyzontalny przepływ informacji genetycznej zwiększa różnorodność genomu
- a przez to szanse przetrwania w niestabilnym i nieprzewidywalnym środowisku

procesy płciowe indukowane zwykle przez głód lub stress

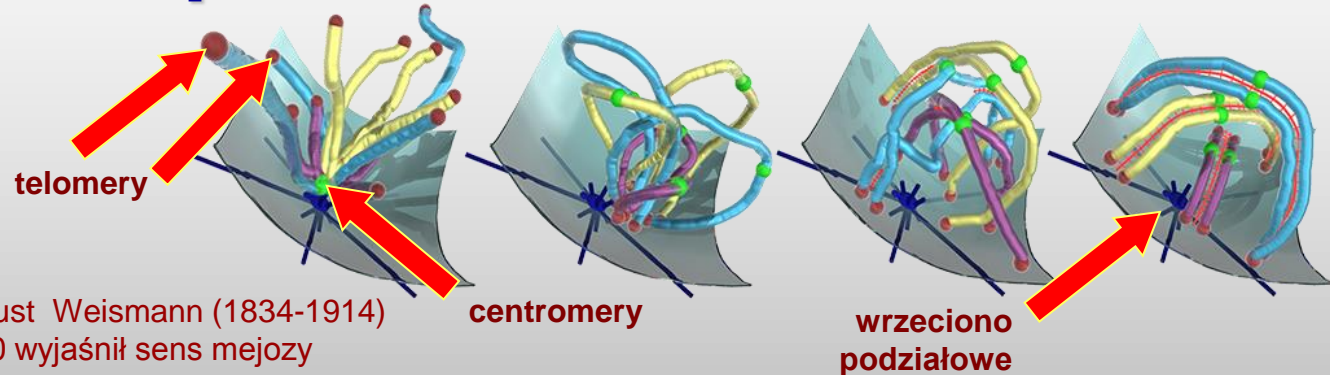


# MEJOZA

## odtworzenie haploidalności



August Weismann (1834-1914)  
1890 wyjaśnił sens mejozy



- kumulowanie chromosomów musi być odwracane nielosowo, bo mają przecież odmienną zawartość
- końce chromosomów (telomery) wędrując po błonie jądrowej łączą je w pary
- dwie kolejne separacje wzdłuż mikrotubul redukują liczbę chromosomów do pierwotnej

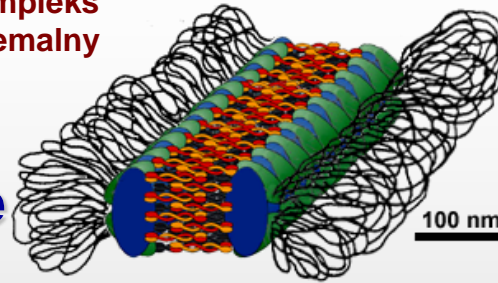
pierwotnie sparowanie chromosomów przy ich naprawianiu



# PŁEĆ

## to nie rozmnażanie

kompleks  
synaptonemalny



koniugacja orzęska  
*Blepharisma*  
wymiana haploidalnych  
macronuclei po mejozie

- do rekombinacji wykorzystywane są enzymy, które u bakterii naprawiają defekty w DNA
- rekombinacja informacji genetycznej dodatkowo zwiększa różnorodność wewnątrz genomu

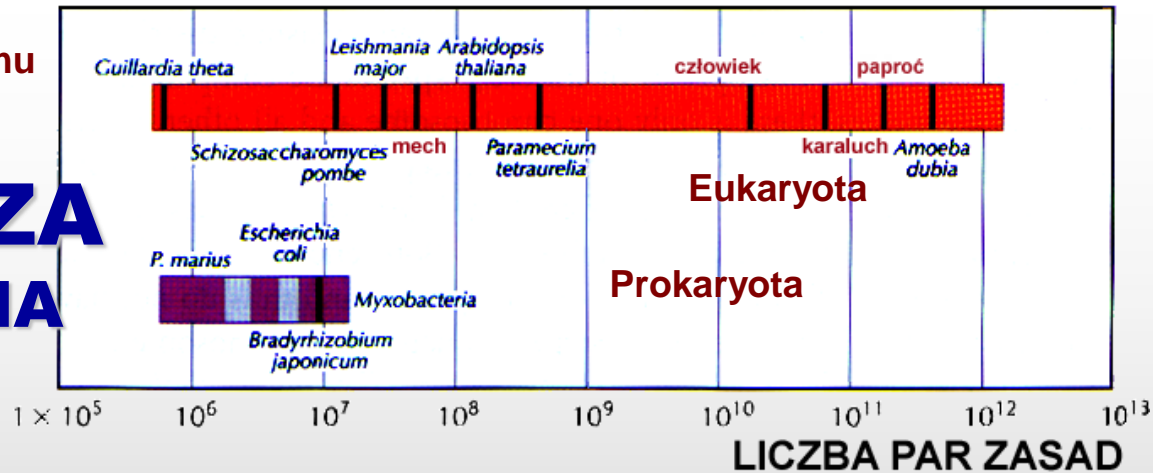
Thomas H. Morgan (1866-1945)  
1911 odkrycie *crossing over*

diploidalność ułatwia zbyteczne powiększanie genomu



rozmiary genomu

# TELOMERAZA a śmieciowe DNA



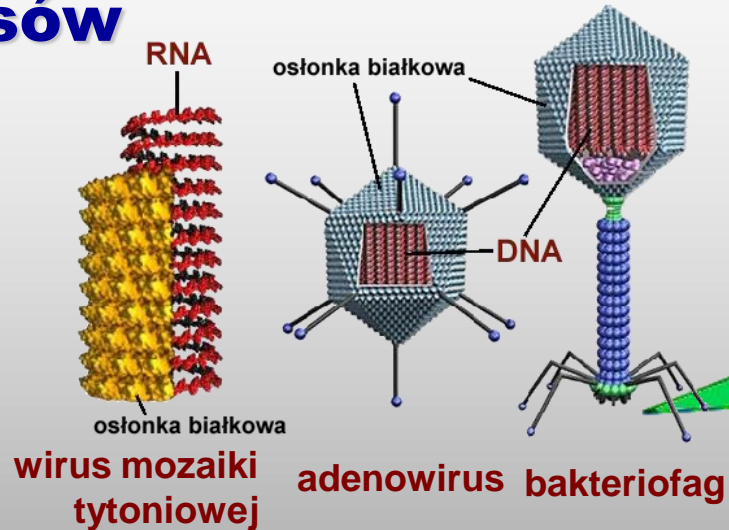
- końcówki chromosomów trzeba odtwarzać z matrycy RNA
- ten sam mechanizm pozwala na przekopiowanie sekwencji DNA poprzez RNA w inne miejsce chromosomu
- istnienie dwu kopii genomu umożliwia bezkarne włączanie i przenoszenie odcinków bezsensownych czy szkodliwych

udział transpozonów w genomie człowieka

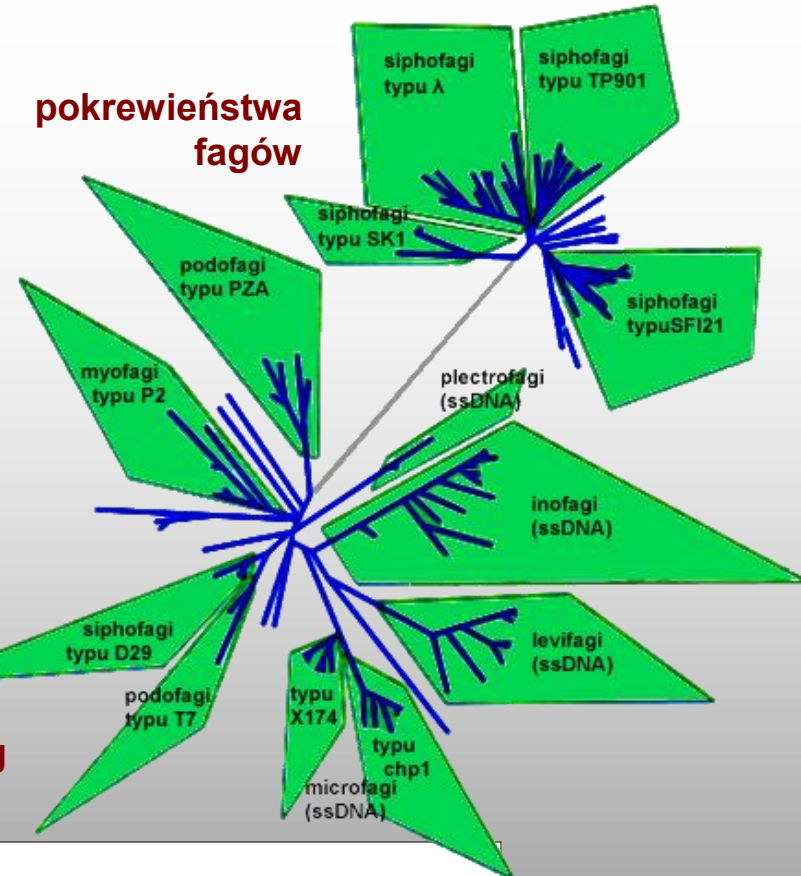
Typ transpozonu	Struktura	Wielkość	Liczba kopii	Procent genomu
LINE	ORF1 ORF2 (pol) AAA	6-8 kb	850 tys. kopii	21% genomu
SINE	AB AAA	100-300 kb	1500	13
elementy retowirusopodobne	gag pol (env) (gag)	6-11 kb	450	8
transpozaza	transposaza	2-3 kb		
transpozony DNA		0,08-3 kb	300	3

telomeraza dała zapewne początek odwrotnej transkrypcji wirusów

# POCHODZENIE wirusów



## pokrewieństwa fagów

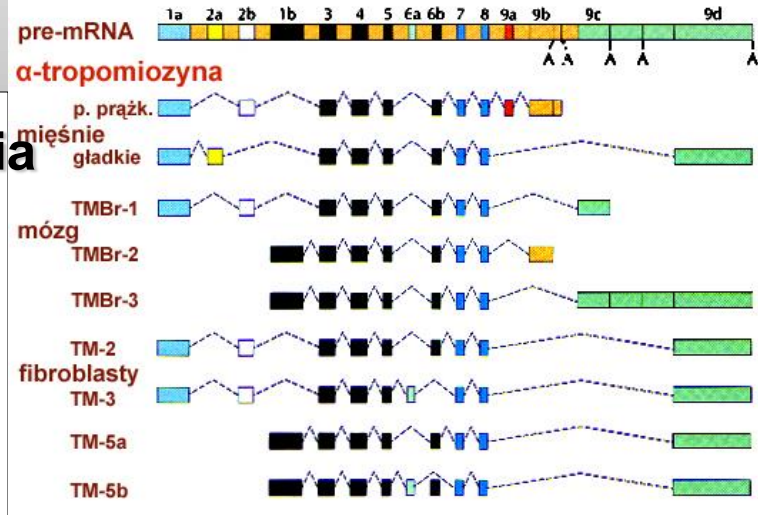
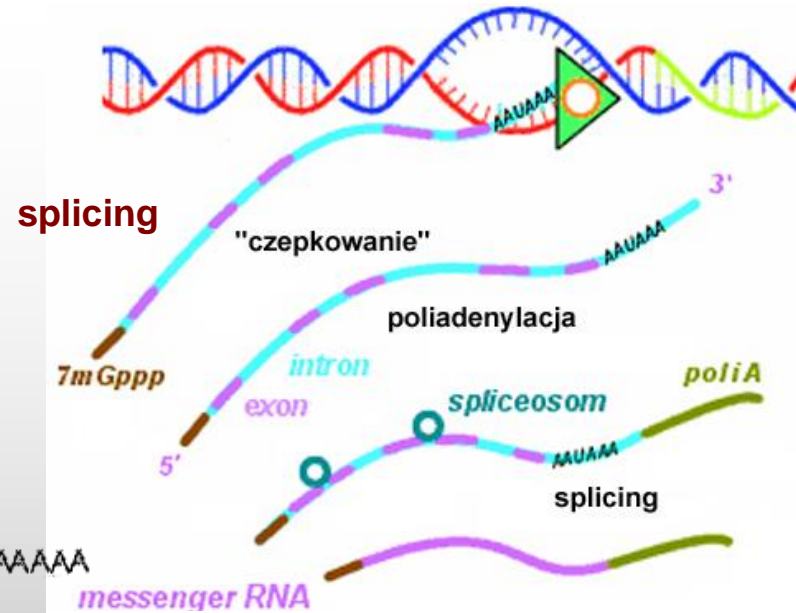


- wirusy RNA i DNA powstały zapewne z plazmid(u)ów
- osłonka białkowa jest przejawem zaawansowania
- ruchome elementy DNA zwykle nieszkodliwe

zbyteczna informacja genetyczna wymaga usunięcia przed translacją



# MONTAŻ produktu transkrypcji

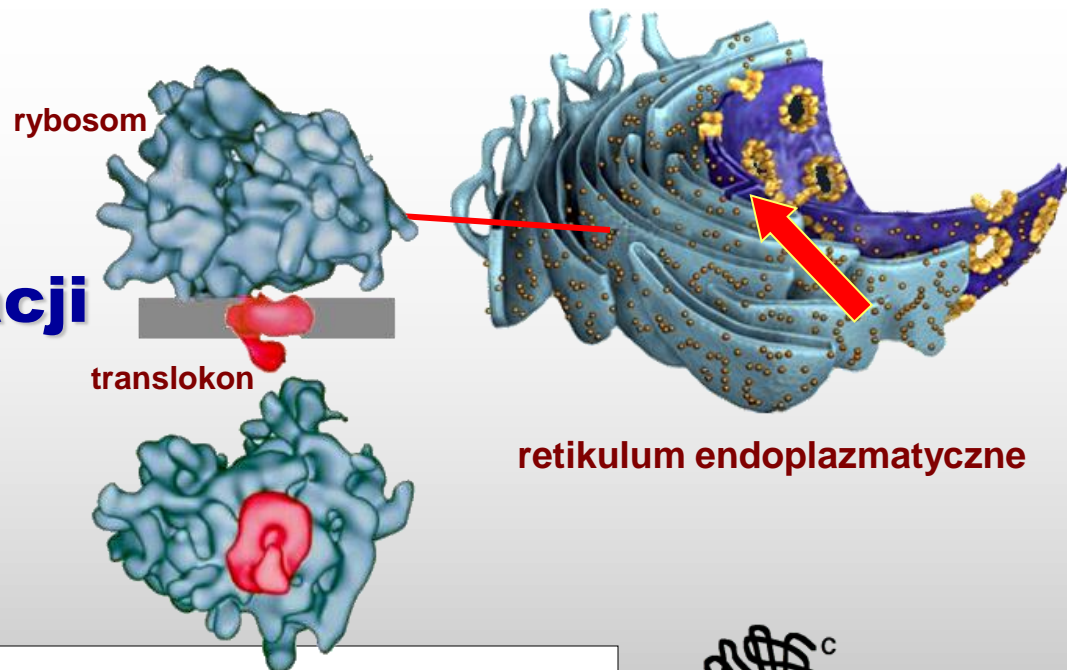


- brak rybosomów w jądrze umożliwia montaż mRNA z odcinków
- niechciana różnorodność bywa wykorzystywana:
- z jednego zapisu wiele białek

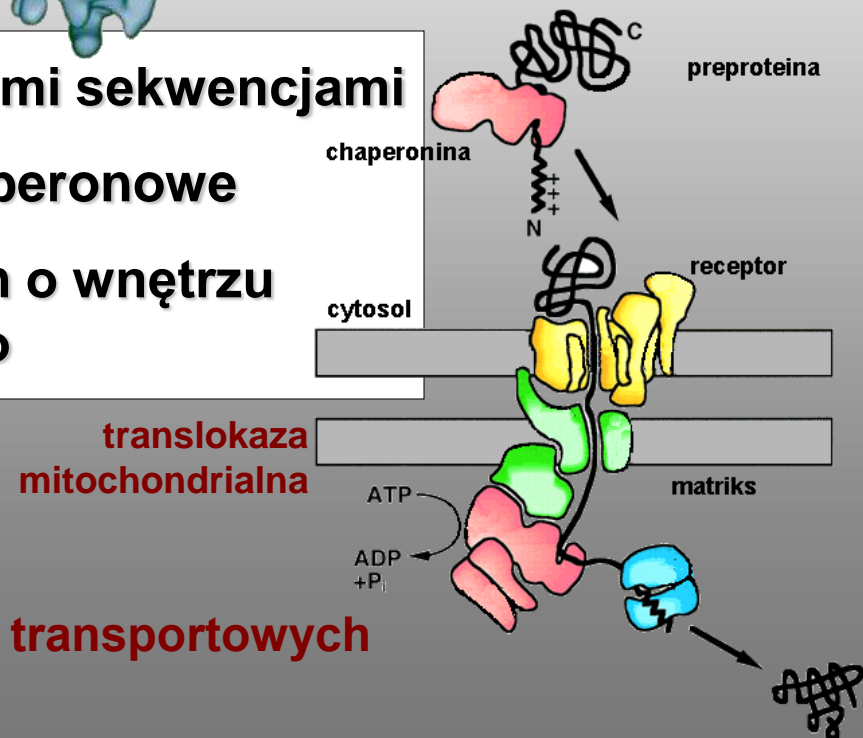
skutki alternatywnego splicingu

oczyszczone z intronów mRNA umożliwia translację w retikulum

# EKSPORT produktów translacji

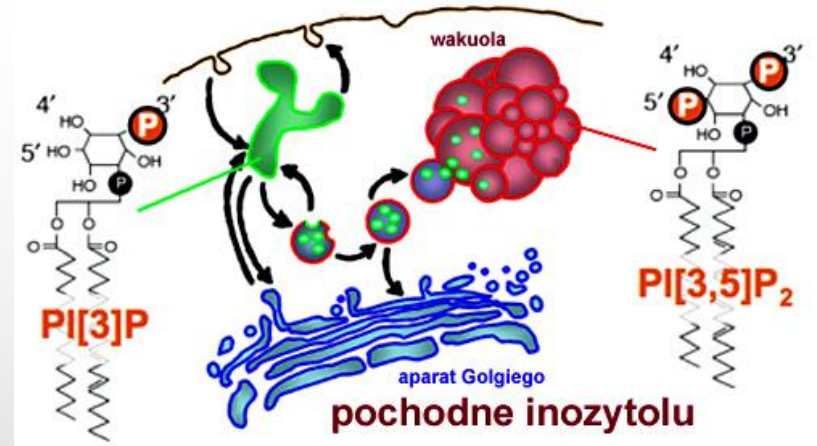
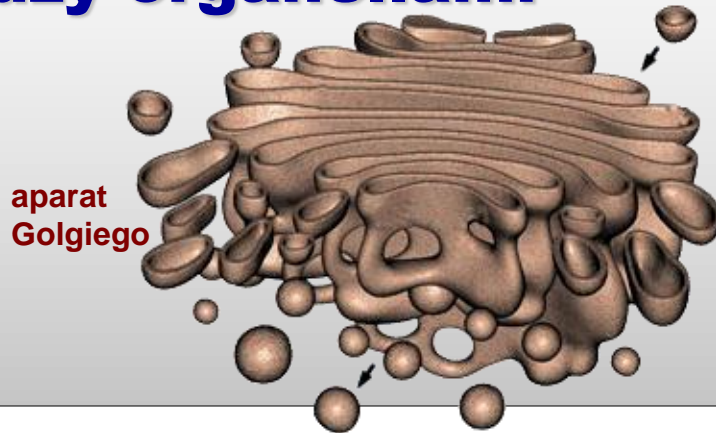


- (pre)proteiny znakowane krótkimi sekwencjami
- konformację nadają białka chaperonowe
- przenikają do cystern retikulum o wnętrzu wspólnym z aparatem Golgiego



do innych organelli w pęcherzykach transportowych

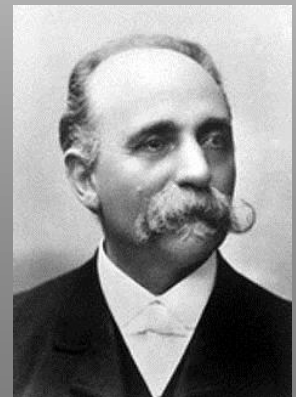
# TRANSPORT między organellami



swoiste fosfolipidy znakują organelle

- dalsze przemiany w cysternach aparatu Golgiego
- z nich pęcherzyki transportowe
- błony organelli mają różny skład umożliwiając ich rozpoznanie sekwencjom sygnałowym białek

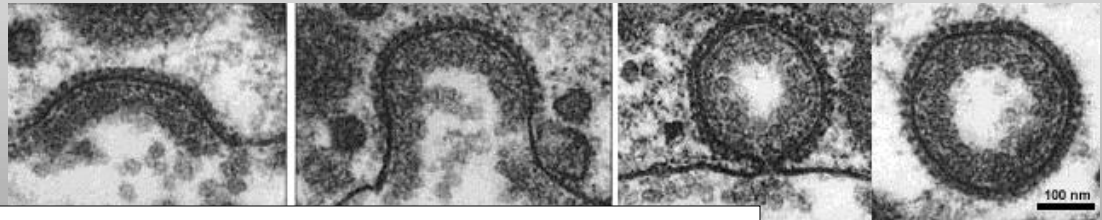
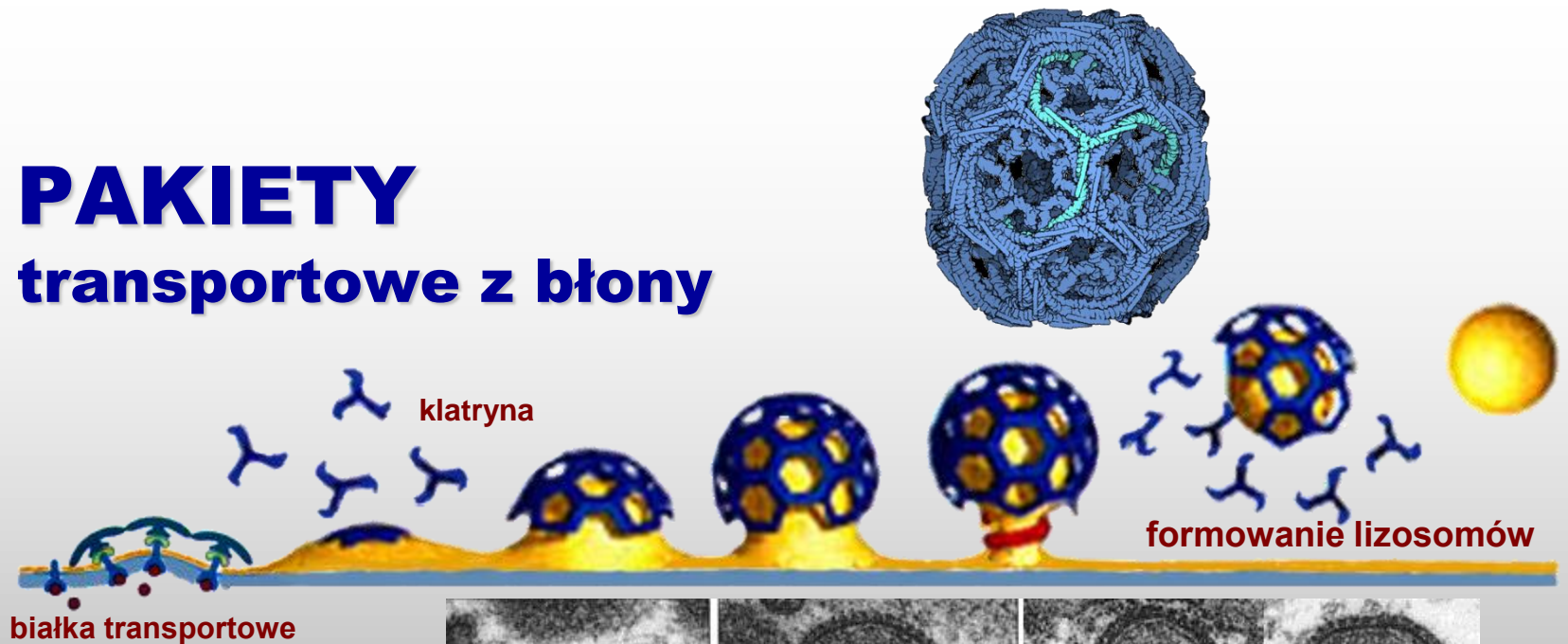
pęcherzyki błony formowane przez samoorganizację



Camillo Golgi (1848-1929)  
1898 odkrycie struktur błoniastych w komórce



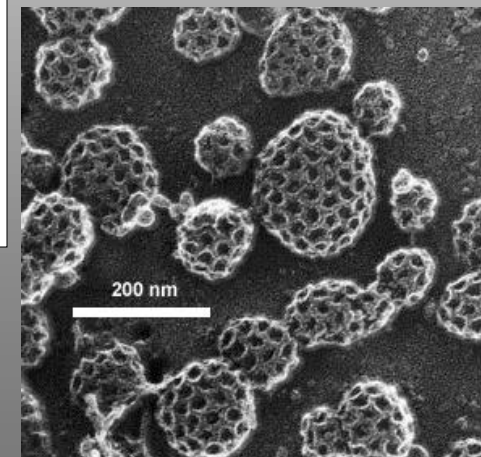
# PAKIETY transportowe z błony



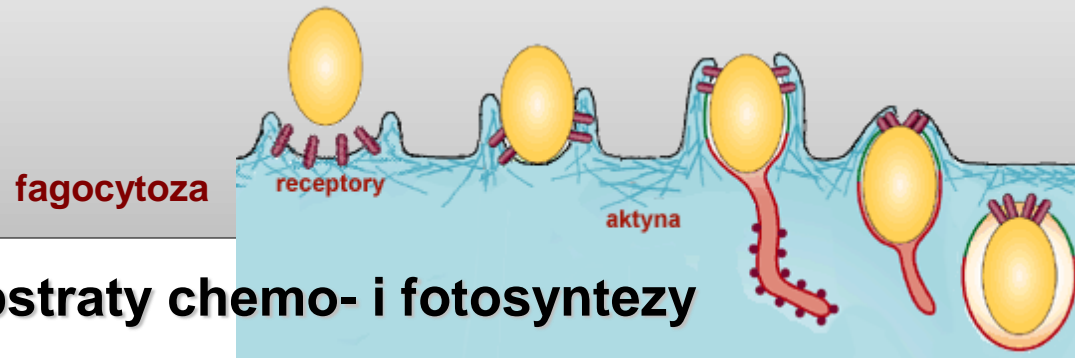
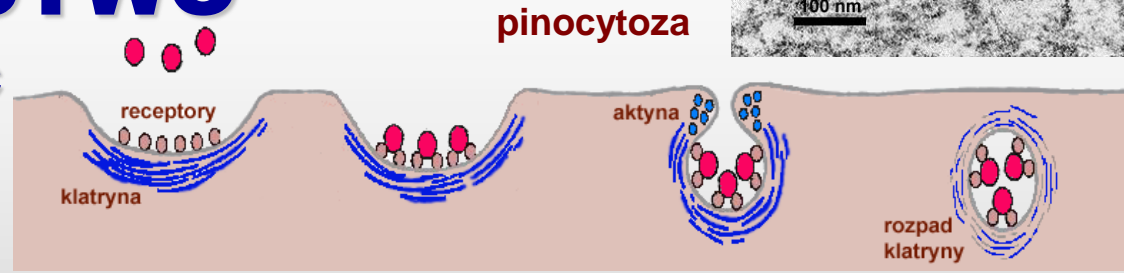
- samoorganizujące się białka deformują błonę
- produkty syntezy w pęcherzykach są transportowane wzdłuż mikrotubul

w przeciwną stronę transport substratów

czapeczki z klatryny



# DRAPIEŻNICTWO a cudzożywność

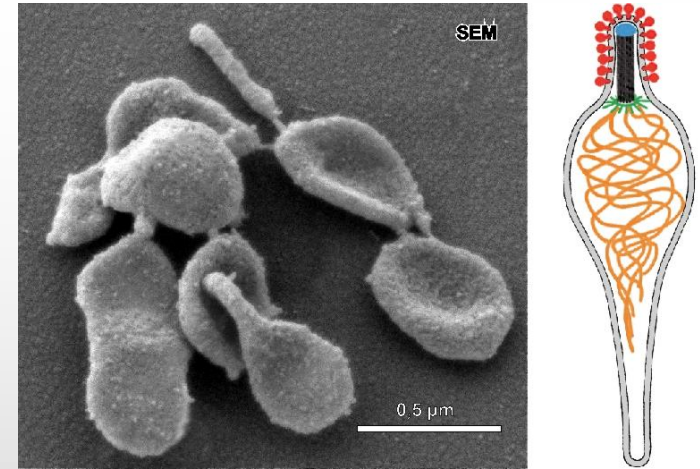


- błona przepuszcza substraty chemo- i fotosyntezy
- pory transportowe muszą rozpoznać duże cząsteczki
- obce duże obiekty są otaczane eukariotyczną błoną – do transportu w pęcherzykach (lizosomy)

pożeranie innych i obrona przed tym również dawne jak eukarioty

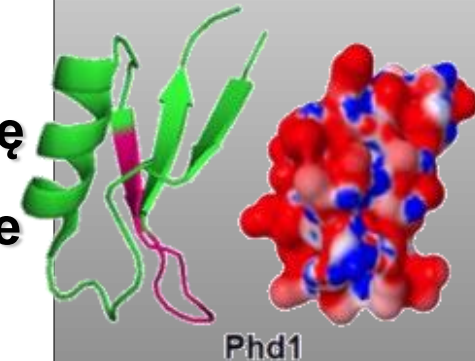


# OBRONA przed mikrobami



*Mycoplasma* bakteria skrajnie zintegrowana z gospodarzem

- małe organizmy stale nieletalnie podjadając dużego żywiciela stają się pasożytami
- obronne peptydy (defensyny) niszczą ich błonę
- zwykle są przechowywane lub stale wydzielane
- ale taniej je wytwarzać tylko w potrzebie



bogaty w cysteinę antymikrobiałny peptyd roślinny (defensyna)

rozpoznanie zagrożenia przez receptory umożliwia reakcję

# RECEPTORY i zmysły komórki

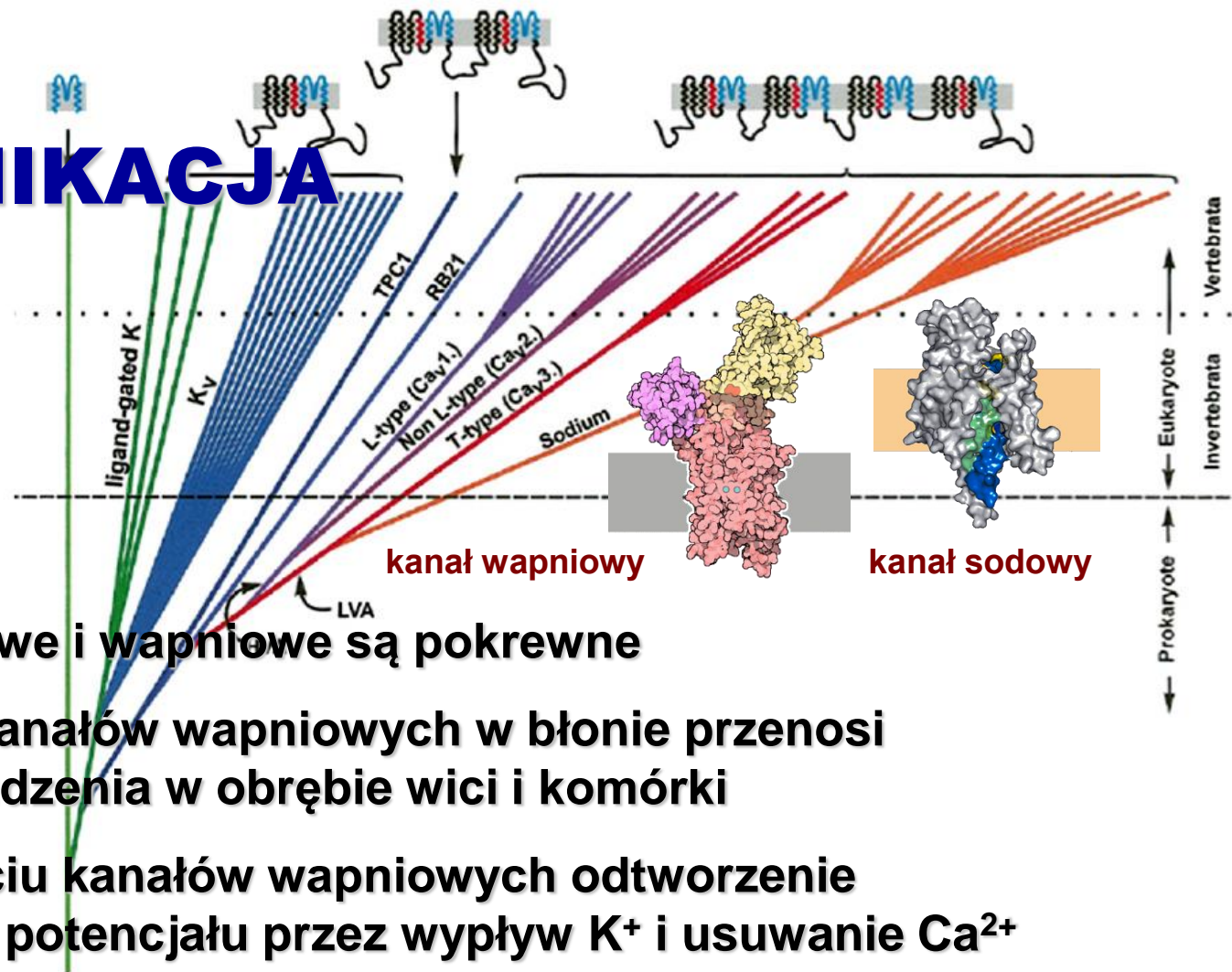


- białka receptorowe w błonie łączą się swoiście z czynnikiem istotnym dla organizmu
- rozpoczynają kaskadę regulacji (dołączania reszt fosforanowych) wewnątrz cytoplazmy
- w efekcie wpływając na translację lub transkrypcję

może też uwolnić sygnał biegnący po błonie

kinazy fosforylują; fosfatazy defosforylują

# KOMUNIKACJA po błonie



- kanały sodowe i wapniowe są pokrewne
- otwieranie kanałów wapniowych w błonie przenosi sygnał pobudzenia w obrębie wici i komórki
- po zamknięciu kanałów wapniowych odtworzenie normalnego potencjału przez wypływ K<sup>+</sup> i usuwanie Ca<sup>2+</sup>

skoro wszędzie te same mechanizmy, po co wielokomórkowość?

różne czynniki fizyczne i chemiczne (np. acetylocholina) mogą wyzwolić wypływ jonów

# **OGRANICZENIE**

## **rozmiarów komórki**



wielojądrowe otwornice rafowe  
*Nummulites*  
miały symbiotyczne bruzdnice

40 mln lat eocen

- dostarczanie tlenu i CO<sub>2</sub> dzięki fizycznej dyfuzji
- transport metabolitów ma naturę chemiczną
- wydajność i szybkość obydwu ograniczona
- skuteczne tylko w świecie mikroskopowym
- alternatywą syncytium lub wielokomórkowość

**dlatego biosfera nie jest wypełniona jednorodną cytoplazmą**  
czynniki wewnętrzne ograniczają wielkość autonomicznych komórek

# **OSIĄGNIĘCIA**

## **jednokomórkowców**

- **ogromna większość dorobku ewolucji dokonała się przed powstaniem organizmów wielokomórkowych**
- **późniejsze zmiany to jedynie wykorzystywanie mechanizmów zawartych w komórce**
- **odziedziczyliśmy po niej również ograniczenia**

**już świat jednokomórkowców uformował złożone ekosystemy**