

Biologia

ZAKRES PODSTAWOWY



Zmiana MEN 2024



Oznaczono usunięte
i zmienione treści

1

Podręcznik dla **szkół ponadpodstawowych**

Beata Jakubik
Renata Szymańska

Biologia

Podręcznik dla **szkół ponadpodstawowych**

1

ZAKRES PODSTAWOWY

 **OPERON**
Edukacja jest podróżą

2023

Konsultacja naukowa: dr Sławomir Nowak
Projekt okładki: Paweł Kwacz
Redaktor prowadzący: Izabela Kulaszewicz
Redakcja językowa: Monika Turata
Redakcja graficzna i skład: Andrzej Puzyński, Roman Osiński
Fotoedycja: Marta Jasińska
Korekta techniczna: zespół

Zdjęcia: BE&W, Shutterstock i Wikipedia

OPERON Sp. z o.o. oświadcza, że z należytą starannością podjęło wszelkie działania zmierzające do powiadomienia podmiotów majątkowych praw autorskich do utworów słownych i fotograficznych wykorzystanych w podręczniku o zamiarze ich publikacji celem uzyskania od twórców lub ich następców prawnych wymaganej zgody za przysługującym wynagrodzeniem w stosownej wysokości. Osoby, których prawa w sposób niezawiniony przez wydawnictwo zostały naruszone, prosimy o bezpośredni kontakt z wydawcą.

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia ogólnego do nauczania biologii w zakresie podstawowym na poziomie szkoły ponadpodstawowej, na podstawie opinii rzeczoznawców: dr Anny Banach, dr hab. Andrzeja Kaźmierczaka, dr Henryki Kaczorowskiej.

Etap edukacyjny: III
Typ szkoły: szkoła ponadpodstawowa
Rok dopuszczenia: 2019
Numer dopuszczenia: 1030/1/2019

© Copyright by OPERON Sp. z o.o. & Beata Jakubik i Renata Szymańska

Gdynia 2019

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie w całości lub we fragmentach bez zgody wydawcy zabronione.
N6819

Wydawca:
OPERON Sp. z o.o.
81-212 Gdynia, ul. Hutnicza 3
tel. centrali 58 679 00 00
e-mail: info@operon.pl
www.operon.pl

ISBN 978-83-7879-943-6

05/23/XIV/US70

Zgodnie z decyzją MEN od września 2024 r. obowiązuje zmieniona, uszczuplona o ok. 20% podstawa programowa. W związku z tym w podręczniku znalazły się stosowne oznaczenia.

 Takim symbolem oznaczono treści usunięte z podstawy programowej.

 Takim symbolem oznaczono treści, które zostały zmienione. Nauczyciel przedstawi uczniowi zmiany i wyjaśni, czego powinien się nauczyć.

Spis treści

Wstęp.....	4
I. Badania biologiczne	
1. Metody w badaniach biologicznych.....	8
2. Metody badawcze stosowane w biologii komórki	13
II. Budowa chemiczna organizmów	
1. Skład chemiczny organizmu.....	22
2. Organiczne związki węgla.....	32
3. Węglowodany – budowa i znaczenie.....	35
4. Lipidy – budowa i znaczenie biologiczne	46
5. Białka – budowa i znaczenie dla organizmu	54
6. Budowa i funkcje kwasów nukleinowych.....	62
III. Komórka jako podstawowa jednostka budulcowa organizmów	
1. Cechy organizmów żywych.....	72
2. Główne cechy komórek	77
3. Ultrastruktura komórki zwierzęcej.....	79
4. Jądro komórkowe – centrum informacji komórki	88
5. Cytoplazma – wewnętrzne środowisko komórki.....	91
6. Mitochondrium – centrum energetyczne komórki	96
IV. Metabolizm	
1. Podstawowe zasady metabolizmu	102
2. Enzymy – biologiczne katalizatory.....	106
3. Oddychanie komórkowe.....	114
4. Oddychanie beztlenowe i fermentacja.....	119
5. Inne procesy metaboliczne.....	122
V. Podziały komórkowe	
1. Przebieg cyklu komórkowego	130
2. Mitoza.....	132
3. Programowana śmierć komórki.....	135
4. Mejoza.....	137
Słowniczek trudniejszych pojęć.....	145
Indeks.....	147

Wstęp

Jak jest zbudowany nasz podręcznik

Podręcznik pozwala na pełne wykorzystanie nowoczesnych metod dydaktycznych w nauczaniu biologii. Zgodnie z założeniami reformy programowej uczniowie I klasy liceów i techników rozpoczną naukę tego przedmiotu w zakresie podstawowym w zwiększonym wymiarze godzin. Podział przewiduje naukę biologii w klasie:

- pierwszej w wymiarze 1 godziny tygodniowo
- drugiej w wymiarze 2 godzin tygodniowo
- trzeciej w wymiarze 1 godziny tygodniowo.

Zanim zaczniecie korzystać z podręcznika, zapoznajcie się z jego budową i przyjrzyjcie się wszystkim jego elementom. Zostały one skonstruowane tak, by ułatwić wam naukę i pomóc w błyskawicznym znalezieniu potrzebnych informacji.



Każdy dział podręcznika otwiera **spis tematów** z danego obszaru.

Bezpośrednio pod tytułem rozdziału znajdziecie moduł **„Na tej lekcji”** – jego zadaniem jest ukierunkowanie was na cele realizowane w danym temacie.

Hasła na marginesach to treści obowiązkowe do zapamiętania z lekcji. Zostaną powtórzone w podsumowaniu lekcji.

Tabela 11.2.5. Najważniejsze grupy funkcyjne organicznych związków węgla

Grupa funkcyjna	Wzór	Właściwości	Przykładowy związek
hydroksylowa	R-OH	polarna	etanol
karbonylowa - aldehydowa - ketonowa	R-CHO R-C(=O)-R	polarna	formaldehid acetan
karboksylowa	R-COOH	stabilna kwasowa, może oddziaływać słabo H ⁺	kwas octowy
aminy	R-NH ₂	stabilna zasadowa, może przyjąć proton H ⁺	aminykwas etanowy
fosforanowa	R-PO ₃ ³⁻	stabilna kwasowa, może oddziaływać słabo H ⁺ lub dwa protony H ⁺	glicerofosforan
sulfidowa	R-SH	stabilna, słabo oddziaływać	cysteina

Wiązanie pomiędzy atomami węgla w łańcuchu może ulec rozwarciu i tym samym podlegać przemianom. Wązania węgiel-węgiel stanowią „szkielet” wielu dużych cząsteczek (np. makromolekuł, np. białek, węglowodanów, lipidów czy kwasów nukleinowych). Związki te tworzą polimery, czyli połączenia powtarzających się jednostek zwanych monomerami (rys. 11.2.2.2). Monomery wszystkich komórkowych makromolekuł (jest ich w sumie 40) łączą się ze sobą w różnych kombinacjach, dając w efekcie ogromną ich liczbę. Na przykład monomerami białek jest tylko 20 różnych aminokwasów, a różne białka z nich stworzone posiadają w typowych białych enzymach jest ponad 4000.

Obserwacja

Obserwacja zmian skrobi w materiale biologicznym

Wyniesienie: Skrobi to gęsty zapasowy związek. W ich łańcuchach gromadzi się skrobi. Zestawiając przeprowadzenie doświadczenia. Na szkielet podłożone rukną odrobiny wody i duży kawałek siłki z ziemniaka. Należy przetrzeć szkieletem nakrywką i przetrzeć obserwację zmian skrobi o różnej wielkości i kształcie.

Opracowanie wyników: Wykonaj schematyczny rysunek zmian skrobi.

Wskazki: Skrobi jest wielkość.

Przebieg: Skrobi jest wielkość. Czy ziemie skrobi innych gatunków roślin mają taką samą strukturę, jak ziemie skrobi ziemniaka?

Tabele pomogą wam usystematyzować wiedzę.

Przystępny język publikacji ułatwi wam zrozumienie treści i pozytywnie nastawi was do powtarzania materiału. W tekście pojawiają się wytłuszczenia – dzięki nim łatwiej odnajdziecie najistotniejsze zagadnienia, pojęcia i nazwy.

Podkreśleniem wyróżniono **trudne pojęcia**, których wyjaśnienie znajdziecie w słowniku.

Obserwacje i eksperymenty to bloki zadań, w których pracujecie projektowo. Umożliwi to wam zrozumienie zagadnień biologicznych poprzez działanie. Przekonacie się, że nauka biologii jest ciekawa.

Podsumowanie przed sprawdzianem zawiera najważniejsze treści do zapamiętania z działu. Jeśli ich nie pamiętacie, wróćcie na stronę wskazaną obok i poszukajcie hasła na marginesie.

Zadania do rozwiązania przećwiczcie w toku lekcji lub wykorzystacie do nauki w domu albo przed kartkówką czy sprawdzianem.

Uwaga: odpowiedzi do zadań wymagających pisemnego rozwiązania zapiszcie w zeszycie.

Podsumowanie lekcji to esencja najważniejszych treści do zapamiętania. Jeśli ich nie pamiętacie, wróćcie na stronę wskazaną obok. Znajdziecie tam na marginesie odpowiednie hasło, a w treści lekcji – jego omówienie.

3. METODY BADAWCZE STOSOWANE W BIOLOGII KOMÓREK

PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Słowo w biologiach biologicznych

- Biologia zajmuje się badaniem życia oraz organizmów żywych.
- Biologia dzieli się na dziedziny, które zajmują się różnymi aspektami życia.
- Metoda obserwacyjna jest metodą biologiczną i służy do zbierania danych o organizmach lub procesach.
- Metoda eksperymentalna polega na badaniu organizmów po wprowadzeniu zmian w warunki ich życia.
- Metody kontrolne służy do badania biologicznego.
- Próba kontrolna przeprowadzona w tym samym czasie i w tym samym miejscu, co próba badawcza, służy do porównania wyników.
- Badania biologiczne prowadzą się według określonego schematu: obserwacja, sformułowanie problemu, badanie, planowanie, wykonanie, analiza, weryfikacja hipotezy badawczej oraz sformułowanie wniosku.
- Najbardziej podstawowym w biologii są trzy dziedziny: ogólna, komórki i molekularna.
- Organizmy badane w biologii to: komórki, organy, zwierzęta lub rośliny.

2. Metody badawcze stosowane w biologii komórki

3. BADAŃ BIOLOGICZNYCH

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla życia ma proces fotosyntezy w zielonych organizmach.
2. Podaj definicję komórki i rozróżnij ją od innych struktur. Wyjaśnij, jak komórki są związane z organizmem.
3. Wyjaśnij, jak komórki są związane z organizmem. Wyjaśnij, jak komórki są związane z organizmem.
4. Opisz, jak komórki są związane z organizmem. Wyjaśnij, jak komórki są związane z organizmem.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Do badań komórek i molekularnych w ich działach sądzimy, że komórki komórkowe wykorzystują się do życia.

Podstawowa teoria molekularna jest teorią o strukturze i funkcji. Teoria ta służy do badania życia i innych aspektów życia.

Na przykład obserwacja życia komórki komórkowej jest badaniem, które służy do badania życia i innych aspektów życia.

Wskazanie funkcji komórki jest badaniem, które służy do badania życia i innych aspektów życia.

Obserwacja życia komórki komórkowej jest badaniem, które służy do badania życia i innych aspektów życia.

Do badań komórek i molekularnych w ich działach sądzimy, że komórki komórkowe wykorzystują się do życia.

Obserwacja życia komórki komórkowej jest badaniem, które służy do badania życia i innych aspektów życia.

The background of the slide is a composite image. The left half features a close-up, low-angle shot of a microscope's objective lens and eyepiece, with a blue color grade. The right half is a solid teal color. A white horizontal bar is positioned across the middle, containing the main title.

I. Badania biologiczne

- ▶ 1. Metody w badaniach biologicznych
- ▶ 2. Sprzęt i metody badawcze stosowane w biologii komórki



1. Metody w badaniach biologicznych

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, jakie metody wykorzystuje się do badań biologicznych;
- prześledzisz etapy badań biologicznych;
- poznasz różnicę pomiędzy próbą kontrolną a badawczą.

biologia
nauka o życiu

Biologia to fascynująca nauka, która **zajmuje się badaniem życia organizmów żywych**. Obejmuje wiele dyscyplin, często bardzo od siebie różnych. W biologii mieści się zarówno mikrobiologia, jak i botanika, zoologia, genetyka czy ekologia. W zależności od zastosowanego kryterium można dokonać podziału biologii na różne gałęzie wiedzy (np. biologia na poziomie molekularnym obejmuje biochemię, biologię molekularną i genetykę molekularną, a na poziomie wielokomórkowym – anatomię, fizjologię czy histologię). Szeroki wachlarz dyscyplin pozwala kompleksowo zrozumieć złożoność budowy i funkcjonowania organizmów. Biologia uczy poznawać świat poprzez obserwowanie i eksperymentowanie.

metody badawcze
w biologii

Podstawą badań naukowych jest logiczne myślenie oraz formułowanie problemów badawczych. Nauki biologiczne opierają się na dwóch metodach badawczych: **obserwacyjnej** oraz **eksperymentalnej**.

metoda
obserwacyjna

Metoda obserwacyjna polega na zamierzonym i zaplanowanym prowadzeniu badań naukowych. Dzięki niej można zdobyć konkretne informacje o organizmach, procesach, zależnościach czy zjawiskach. Metoda ta jest nieinwazyjna, to znaczy nie pociąga za sobą żadnych zmian w obserwowanym obiekcie czy procesie. Obserwacja naukowa polega zwykle na opisie badanych elementów przyrody i często prowadzi się ją w warunkach naturalnych (**ryc. 1.1.1.**). Metoda obserwacyjna niejednokrotnie stanowi wstęp do kolejnych badań naukowych, a także jest jednym z etapów doświadczenia (np. obserwacja zmiany koloru roztworu po dodaniu odczynnika, przed kolejnym pomiarem).



Ryc. 1.1.1. Metoda obserwacyjna często jest prowadzona w warunkach polowych i polega na opisie oraz dokumentacji wybranych elementów przyrody.



metoda
eksperymentalna

Metoda eksperymentalna (doświadczalna) polega na zamierzonej zmianie warunków lub czynników wpływających na badany organizm. Ma to na celu poznanie zależności przyczynowych leżących u podstaw badanych procesów. Eksperymenty najczęściej prowadzi się w specjalnie przystosowanych do tego celu pomieszczeniach, czyli w **laboratoriach** (ryc. 1.1.2.). Laboratoria są wyposażone w instrumenty badawcze (np. wirówki, wagi analityczne, spektrofotometry czy mikroskopy), które umożliwiają wykonanie eksperymentu. Pozwala to na kontrolę warunków przebiegu doświadczenia oraz na wielokrotne jego powtórzenia.



Ryc. 1.1.2. Wyposażenie laboratorium biologicznego umożliwia przeprowadzanie badań eksperymentalnych.

Etapy prowadzenia badań biologicznych

schemat badań
biologicznych

Badania biologiczne prowadzi się według **określonego schematu** oraz z zachowaniem wszystkich zasad bezpieczeństwa i etyki. Wyróżniamy następujące etapy badań biologicznych (**tab. 1.1.1.**):

- **sformułowanie problemu badawczego**, które najczęściej ma postać zdania pytającego. Problem badawczy określa cel badania.
- **postawienie hipotezy badawczej**, która najczęściej ma postać zdania oznajmującego. Hipoteza badawcza jest przewidywaną odpowiedzią na pytanie postawione w problemie badawczym.
- **weryfikacja hipotezy badawczej**, która polega na sprawdzeniu jej poprawności za pomocą metody obserwacyjnej lub eksperymentalnej. W tym celu należy wybrać odpowiedni obiekt badań oraz sposób wykonania eksperymentu. Eksperyment musi być prowadzony według ściśle określonej procedury (instrukcji) uwzględniającej niezbędne ilości odczynników (ich stężenia) i materiałów oraz potrzebne urządzenia. Badania muszą być powtórzone kilkakrotnie, a uzyskane wyniki powtarzalne (wartości danych muszą być podobne). Przebieg badania wraz z wynikami należy starannie zapisać w taki sposób, aby inna osoba na ich podstawie mogła to badanie powtórzyć.
- **sformułowanie wniosków** będących potwierdzeniem lub zaprzeczeniem hipotezy. Wnioski mogą być wyciągane tylko na podstawie otrzymanych wyników.



Tab. I.1.1. Główne etapy badania biologicznego

BADANIE BIOLOGICZNE
PROBLEM BADAWCZY
HIPOTEZA
WERYFIKACJA HIPOTEZY zaplanowanie eksperymentu wykonanie badań zebranie i opracowanie wyników
WNIOSEK

Zbiorne wyniki uzyskane w trakcie badań biologicznych muszą zostać przeanalizowane i opracowane. Ważnym elementem obróbki danych jest ich **analiza statystyczna**, która pozwala na wykrycie pewnych prawidłowości w badanych zjawiskach. Opracowane dane możemy przedstawić w formie opisowej, tabelarycznej lub graficznej (np. wykres, diagram, zdjęcie). Tak przygotowane wyniki mogą być udostępnione szerokiemu gronu (np. w trakcie prezentacji lekcyjnych, referatów kół naukowych, specjalistycznych konferencji czy jako publikacje naukowe). Każde wiarygodne badanie biologiczne jest cegiełką pozwalającą na lepsze zrozumienie funkcjonowania organizmów. W szerokim wymiarze służy ono całemu społeczeństwu.

Próba kontrolna i badawcza w eksperymentach biologicznych

próba kontrolna
i badawcza

W eksperymencie biologicznym konieczne jest określenie próby kontrolnej i próby badawczej. **Próbie kontrolną** stanowią organizmy lub procesy, których nie poddajemy czynnościom doświadczalnym, lecz pozostawiamy w stanie naturalnym. Próba kontrolna to odniesienie dla **próby badawczej**, która obejmuje organizmy lub procesy poddane czynnościom doświadczalnym.

Materiał do badań biologicznych

materiał badawczy

Badania biologiczne są przeprowadzane na określonym **materiale badawczym**. Materiałem tym mogą być całe organizmy (rośliny, zwierzęta, bakterie, grzyby) oraz ich części, np. organy roślinne (np. liście) czy zwierzęce (np. wątroba czy serce). Badaniom biologicznym poddaje się także komórki (roślinne lub zwierzęce) oraz wyizolowane z organizmów cząsteczki (białka, kwasy nukleinowe, lipidy).

organizmy
modelowe

Badania biologiczne opierają się na **organizmach modelowych**. Model biologiczny jest swego rodzaju reprezentantem innych organizmów, a wyniki uzyskane w trakcie jego badania można odnieść do innych, podobnych pod względem budowy biochemicznej oraz procesów metabolicznych. Badania na organizmach modelowych zastępują m.in. badania z wykorzystaniem organów czy komórek



ludzkich, organizmów chronionych czy organizmów, których np. rozmiar uniemożliwiłby pracę w laboratorium. Do najważniejszych organizmów modelowych wykorzystywanych w biologii należą: mysz (rodzaj *Mus*) – jako model ssaczy (**ryc. I.1.3.**), owad muszka owocowa (*Drosophila melanogaster*, czytają: drosofila melanogaster), nicienie (*Caenorhabditis elegans*, czytają: kenorabditis elegans), drożdże piekarnicze (*Saccharomyces cerevisiae*, czytają: sakcharomyces cerewisje), roślina rzodkiewnik pospolity (*Arabidopsis thaliana*, czytają: arabidopsis taliana) (**ryc. I.1.3.**), a także bakteria pałeczka okrężnicy (*Escherichia coli*, czytają: eszerichia koli).



Ryc. I.1.3. Przykładowe organizmy modelowe wykorzystywane w biologii: A. mysz, B. rzodkiewnik pospolity.

Eksperyment

Przykładowy eksperyment biologiczny

Wprowadzenie: W pewnym sanatorium u 10 pacjentów przeprowadzono test oceny wydolności układu krążenia w warunkach wysiłku fizycznego znany jako *próba harwardzka*. Pacjentów podzielono na dwie grupy (po 5 osób): grupa I to pacjenci niepalący papierosów (**próba kontrolna**), a grupa II to pacjenci palący papierosy (**próba badawcza**). Próba harwardzka polega na wykonywaniu ćwiczeń przez badaną osobę w określonym czasie oraz następujących po tym trzech pomiarach tętna. Z uzyskanych wyników wylicza się wartość tzw. *indeksu fitness (FI)* według wzoru: $FI = \text{czas pracy w sekundach} \times 100/2 \times \text{suma trzech pomiarów tętna}$. Uzyskane wyniki porównuje się z tabelą opracowaną przez autorów tego testu.

Problem badawczy: Czy palenie papierosów ma wpływ na wydolność układu krążenia?

Hipoteza badawcza: Palenie papierosów obniża wydolność układu krążenia.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: W pojedynczym eksperymencie brały udział dwie osoby (osoba badana oraz asystent). Badana osoba przez 5 minut wchodziła na stopień schodów i schodziła z niego w tempie 30 wejść na minutę, a osoba asystująca dyktowała tempo ćwiczenia. Po wysiłku osoba badana odpoczywała przez 1 minutę, a następnie asystent wykonywał u niej pomiar tętna na tętnicy szyjnej, który trwał 30 s (pomiar I). Po upływie 2 minut czynność tę powtórzono (pomiar II), a ostatni pomiar tętna wykonano po upływie 3 minut (pomiar III).



Eksperyment

Uzyskane wyniki eksperymentu przedstawia poniższa tabela.

WYNIKI			
Pacjenci palący papierosy		Osoby niepalące papierosów	
	IF		IF
Pacjent 1	52	Pacjent 1	75
Pacjent 2	60	Pacjent 2	82
Pacjent 3	63	Pacjent 3	88
Pacjent 4	57	Pacjent 4	95
Pacjent 5	58	Pacjent 5	90

Uzyskane wyniki porównano ze skalą sprawności dla próby harwardzkiej:

Wskaźnik FI [pkt]	Ocena sprawności
Poniżej 55	Zła
55–64	Poniżej przeciętnej
65–79	Przeciętna
80–89	Dobra
Powyżej 90	Bardzo dobra

Wniosek: Palenie papierosów wpływa na obniżenie wydolności układu krążenia u badanych pacjentów.

W kolejnych rozdziałach podręcznika znajdziesz przykłady eksperymentów i obserwacji biologicznych oznaczonych symbolem  . Ich przeprowadzenie pozwoli ci na zapoznanie się z tą metodą badawczą oraz przybliży specyfikę badań biologicznych.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Wyjaśnij różnicę pomiędzy metodą obserwacyjną a eksperymentalną.
- Wymień etapy badania biologicznego.
- Pewna grupa uczniów postawiła następujący problem badawczy:
Czy światło jest konieczne do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin?
Zaplanuj doświadczenie uwzględniające wszystkie etapy badania biologicznego, które pozwoli odpowiedzieć na postawiony problem badawczy.
- W dostępnych źródłach znajdź informację na temat zwierzęcych organizmów modelowych i przygotuj krótką notatkę na temat jednego z nich.



PODSUMOWANIE LEKCJI

Biologia zajmuje się **badaniem życia oraz organizmów żywych** i obejmuje wiele dyscyplin.

s. 8

Nauki biologiczne opierają się na **metodzie obserwacyjnej** oraz **metodzie eksperymentalnej**.

s. 8

Metoda obserwacyjna służy do zbierania danych o organizmach lub procesach i jest metodą nieinwazyjną.

s. 8

Metoda eksperymentalna polega na zamierzonej zmianie warunków procesu lub czynników wpływających na badany organizm.

s. 9

Eksperyment biologiczny obejmuje **próbę kontrolną** (w stanie naturalnym) oraz **próbę badawczą** (poddaną czynnościom doświadczalnym).

s. 10

Badania biologiczne prowadzi się według określonego **schematu**, który obejmuje: sformułowanie problemu badawczego, postawienie hipotezy badawczej, weryfikację hipotezy badawczej oraz sformułowanie wniosków.

s. 9

Materiałem badawczym w biologii mogą być organizmy, organy, komórki lub makrocząsteczki.

s. 10

W badaniach biologicznych wykorzystuje się **organizmy modelowe** (zwierzęce i roślinne).

s. 10

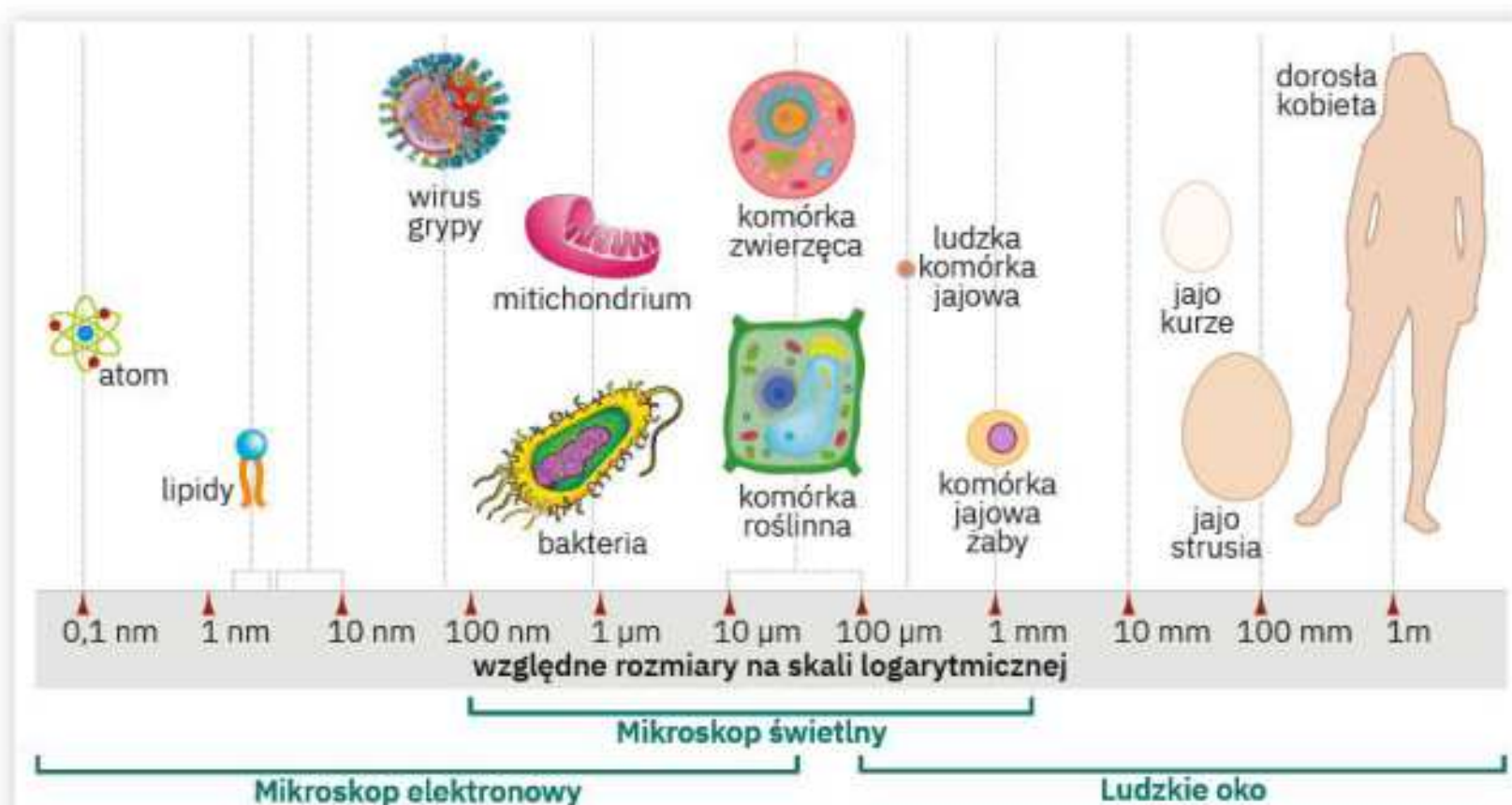
2. Sprzęt i metody badawcze stosowane w biologii komórki

NA TEJ LEKCJI:

- zrozumiesz zasadę działania mikroskopu jako źródła wiedzy biologicznej;
- dowiesz się, jakie rodzaje mikroskopów służą do obserwacji różnych obiektów biologicznych.

Zrozumienie, w jaki sposób funkcjonują obiekty biologiczne, jest możliwe dzięki prowadzeniu dokładnych obserwacji. Obiekty biologiczne mają bardzo różną wielkość. Te, których wymiary mieszczą się w granicach rozdzielczości oka ludzkiego, możemy badać bezpośrednio bez użycia przyrządów optycznych. W przypadku mniejszych posługujemy się lupą, szkłem powiększającym lub mikroskopem optycznym i elektronowym (**ryc. 1.2.1.**). Granice rozdzielczości **mikroskopu świetlnego** mieszczą się w przedziale od 1 mm do 100 nm. Za jego pomocą obserwujemy m.in. komórki bakterii, komórki roślin i zwierząt, a także niektóre organelle komórkowe, np. chloroplasty czy mitochondria. Natomiast struktury, których wymiary są wyrażone w nanometrach (nm), takie jak wirusy, rybosomy, związki chemiczne budujące komórkę (białka czy lipidy), badamy wyłącznie za pomocą mikroskopu elektronowego.

wykorzystanie
mikroskopu
świetlnego



Ryc. I.2.1. Porównanie rozmiarów różnych obiektów biologicznych obserwowanych gołym okiem, za pomocą mikroskopu świetlnego i elektronowego (1 metr = 1000 milimetrów, 1 milimetr = 1000 mikrometrów, 1 mikrometr = 1000 nanometrów).

mikroskop optyczny

W **mikroskopie optycznym** jako źródło światła wykorzystuje się wiązkę światła widzialnego, która zostaje skupiona na oglądanym preparacie (**ryc. I.2.2.**). Standardowy mikroskop optyczny jest zbudowany z dwóch układów: optycznego i mechanicznego. Wiązka światła ulega skupieniu za pomocą soczewki kondensora na przygotowanym preparacie, powstały obraz dzięki współpracy soczewek obiektywu i okularu zostaje powiększony, odwrócony, rzeczywisty i zogniskowany w oku badacza. Pozwala to na osiągnięcie zdolności rozdzielczej około 100 nm, co daje powiększenie ponadtysięckrotne i zdolność rozdzielczą 0,2 mm.

elementy optyczne

okular

obiektyw

kondensor

źródło światła

elementy mechaniczne

tubus

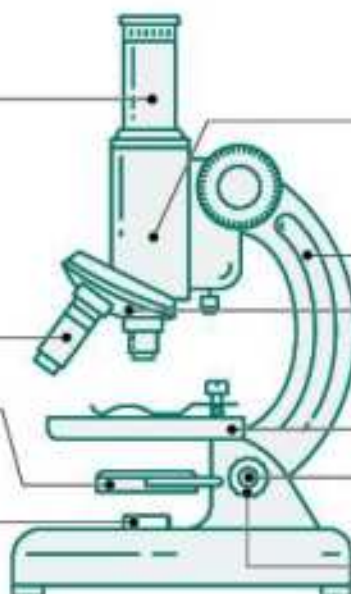
statyw

rewolwer

stolik

śruba mikrometryczna

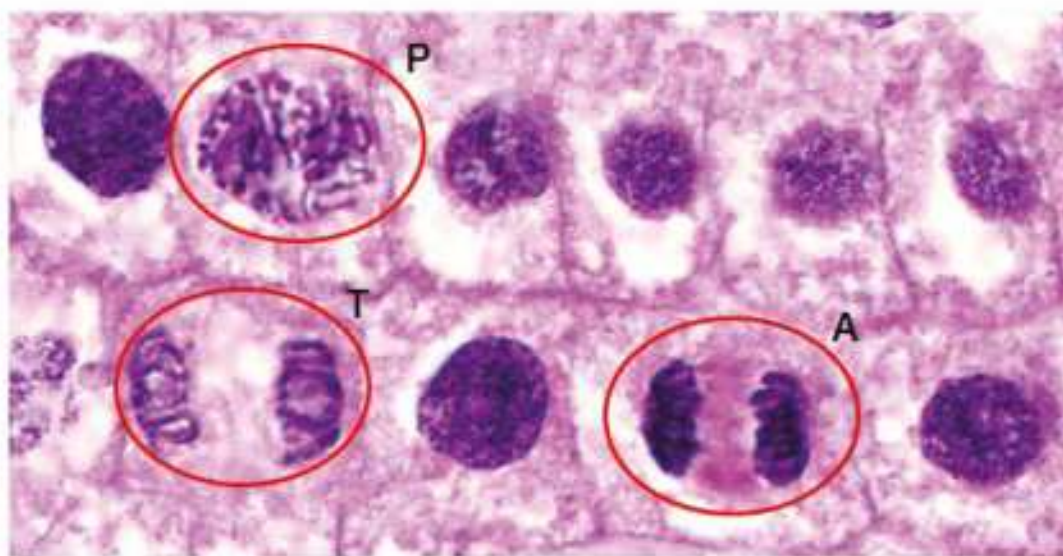
śruba makrometryczna



Ryc. I.2.2. Schemat budowy mikroskopu optycznego z podziałem na elementy optyczne i mechaniczne.



Mikroskop optyczny umożliwia oglądanie zarówno żywych, jak i martwych komórek. W celu zaobserwowania dokładnych szczegółów budowy czy czynności życiowych żywych komórek stosuje się czasami barwienie odpowiednimi barwnikami, które nie są toksyczne dla nich, tzw. barwienie przyżyciowe. Najczęściej technika barwienia wiąże się z preparatami martwymi, w których wybarwia się tylko odpowiednie struktury komórkowe (**ryc. 1.2.3.**).



Ryc. 1.2.3. Preparat przedstawiający etapy mitozy (P – profaza, A – anafaza, T – telofaza) w komórkach stożka wzrostu korzenia cebuli barwiony hematoksyliną – organicznym barwnikiem wybarwiającym zasadochłonne struktury komórkowe, m. in. jądra komórkowe, co jest widoczne na preparacie.

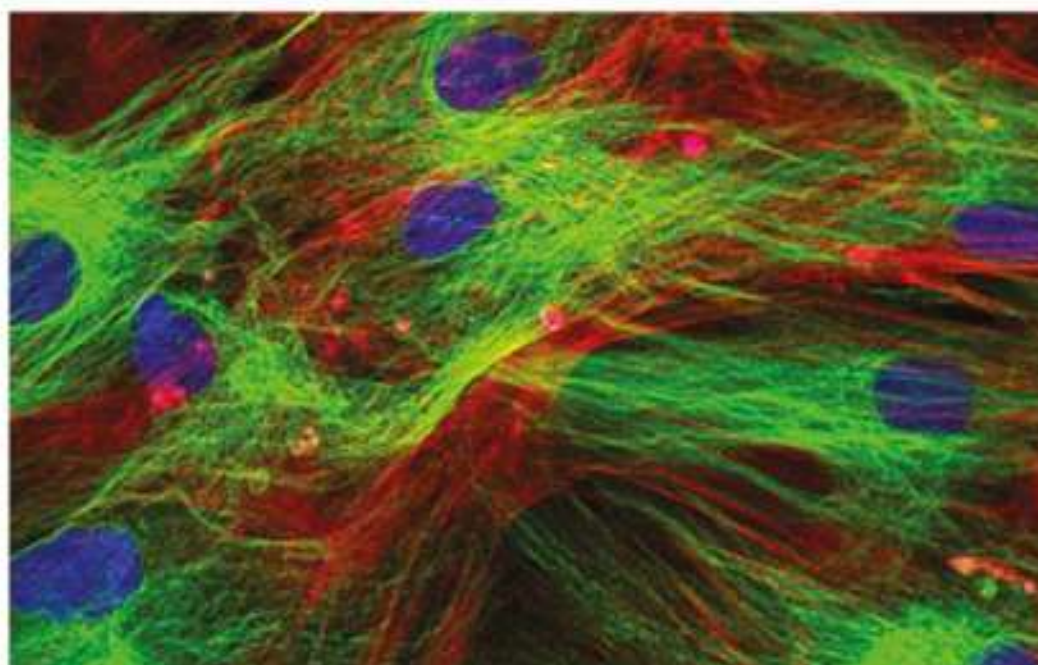
Na przeprowadzenie szczegółowych obserwacji żywych struktur komórkowych bez barwienia pozwalają **mikroskopy kontrastowo-fazowe**, które wykorzystują zjawisko interferencji fal świetlnych, czyli bezpośrednie przekształcenie zmian fazowych fali świetlnej w badanym preparacie na widoczne zmiany natężenia światła w obrazie mikroskopowym preparatu. Dzięki mikroskopowi fazowemu możemy zobaczyć obiekty fazowe, czyli te, które nie absorbują promieniowania elektromagnetycznego, a tylko zmieniają jego fazę, np. obserwacja błon skrzydeł u różnych gatunków bezkręgowców.

mikroskop
kontrastowo-fazowy

Natomiast **mikroskop fluorescencyjny** jest bardziej zaawansowanym mikroskopem świetlnym. Jego działanie opiera się na wykorzystaniu zjawiska fluorescencji, czyli emisji światła widzialnego w wyniku naświetlania preparatów promieniami ultrafioletowymi, niebieskimi lub zielonymi (**ryc. 1.2.4.**). Dzięki różnobarwnym znacznikom można za pomocą mikroskopu fluorescencyjnego obserwować położenie wybranych struktur komórkowych, np. białek cytozolu czy jądra komórkowego. Takich możliwości nie daje mikroskop optyczny.

mikroskop
fluorescencyjny

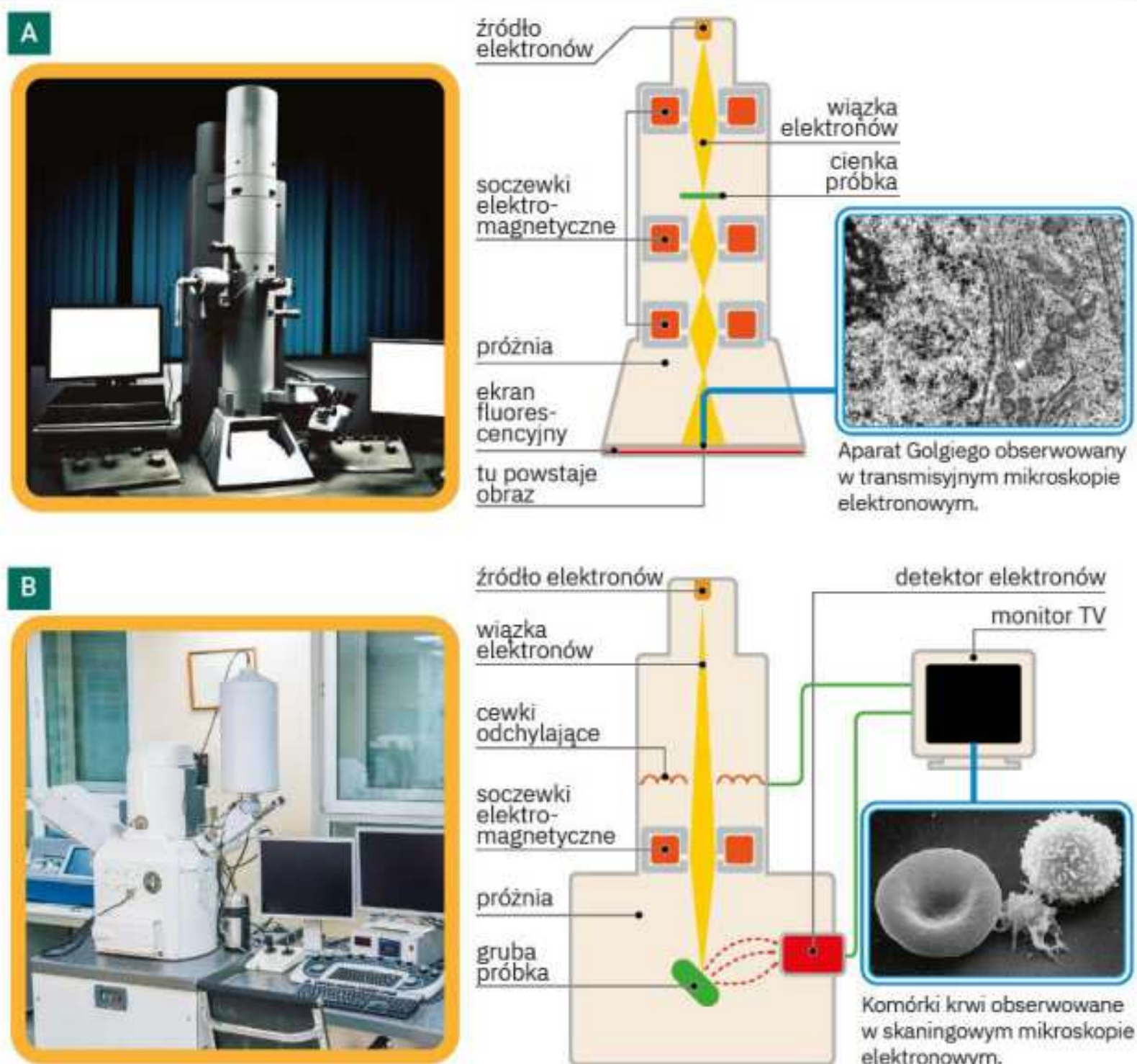
Ryc. 1.2.4. Zjawisko fluorescencji, na fotografii dobrze widoczne jądra komórkowe zaznaczono kolorem niebieskim, włókna aktyny – czerwonym, a włókna tubuliny – zielonym, w komórkach fibroblastu.





mikroskop elektronowy

Obserwacje szczegółów budowy komórki nawet na poziomie atomowym umożliwia **mikroskop elektronowy**. Zamiast wiązki światła wykorzystuje on wiązkę elektronów, a zamiast soczewek szklanych – soczewki elektromagnetyczne (do skupiania wiązki elektronów). Wiązka elektronów przechodzi przez kolumnę mikroskopu, w której panuje próżnia. Wyróżniamy dwa rodzaje mikroskopów elektronowych: transmisyjny mikroskop elektronowy (TEM) i skaningowy mikroskop elektronowy (SEM). W mikroskopie transmisyjnym możemy uzyskać 1 000 000 razy powiększony obraz, a zdolność rozdzielcza wynosi 0,2 nm. Preparaty do obserwacji są bardzo cienkie i przechodząca przez nie wiązka elektronów daje dwuwymiarowy obraz. W mikroskopie skaningowym wiązka elektronów nie przechodzi przez preparat (próbkę), ale odbija się od jego powierzchni, co pozwala na uzyskanie trójwymiarowego obrazu. Mikroskopia skaningowa daje powiększenie około 200 000 razy, a jej zdolność rozdzielczą to około 3 nm. (ryc. 1.2.5.).



Ryc. 1.2.5. Schemat działania mikroskopu elektronowego: A. transmisyjnego (TEM), B. skaningowego (SEM).



Aby można było dokładnie poznać budowę i funkcjonowanie komórki, należy dokonać analizy biochemicznej jej poszczególnych struktur. Jedną ze służących temu metod jest **frakcjonowanie komórek**, czyli oddzielenie poszczególnych struktur komórkowych w zależności od ich masy, powierzchni i ciężaru właściwego.

frakcjonowanie
komórek

Inna metoda badania komórek to autoradiografia. Metoda ta pozwala za pomocą izotopów promieniotwórczych obserwować lokalizację pierwiastków i związków chemicznych w komórce oraz śledzić zachodzące procesy metaboliczne (**ryc. I.2.6.**). Substancje są oznakowane radioaktywnym izotopem, którego promieniowanie wykrywane jest na kliszy fotograficznej. Najczęściej używane izotopy to: tryt (^3H), węgiel (^{14}C), fosfor (^{32}P), siarka (^{35}S) i wapń (^{45}Ca). Przygotowując bardzo cienkie skrawki, można oglądać autoradiogramy pod mikroskopem optycznym lub elektronowym.



Ryc. I.2.6. Autoradiogram szczegółowo przedstawiający obraz położenia składników radioaktywnych.

Obserwacje komórek w żywym organizmie, czyli ***in vivo***, nie zawsze pozwalają na poznanie wszystkich aspektów ich funkcjonowania. Takie możliwości dają hodowle komórek i tkanek prowadzone poza żywym organizmem, czyli ***in vitro***, które są jedną z najczęściej stosowanych technik laboratoryjnych we współczesnej cytologii, histologii, a także genetyce, biologii molekularnej czy szeroko rozumianej biotechnologii. Pozwalają one na stałe kontrolowanie warunków doświadczenia, regulowanie czynników wpływających na obserwowane procesy czy zjawiska, np. hormonów, enzymów, leków, substancji toksycznych czy wzrostowych. Hodowle *in vitro* komórek roślinnych są wykorzystywane do rozmnażania wegetatywnego roślin, do uzyskiwania roślin transgenicznych czy uwalniania roślin od wirusów i patogenów. Tak szerokie zastosowanie hodowli komórkowych i tkankowych *in vitro* wynika przede wszystkim z możliwości namnażania komórek i tkanek oraz łączenia ich ze sobą. Dzięki temu można przeprowadzać modyfikowanie komórek w obrębie ich materiału genetycznego. Bezpośrednie eksperymentowanie na komórkach i tkankach znacznie ogranicza koszty badań prowadzonych na organizmach żywych. Ponadto powtarzalność wyników badań w hodowlach *in vitro* jest znacznie większa.

obserwacja
in vivo

obserwacja
in vitro

W dobie rozwijającej się biotechnologii hodowle *in vitro* znalazły szerokie zastosowanie w medycynie, farmacji (np. do analizy wchłaniania leków przez błony biologiczne) oraz transplantologii (uzyskiwanie sztucznych tkanek i narządów), co zostanie szczegółowo omówione w dalszym etapie kształcenia.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla uzyskania właściwego obrazu w mikroskopie optycznym ma układ mechaniczny.
2. Podaj definicję zdolności rozdzielczej mikroskopu. Wymień mikroskopy o największej i najmniejszej zdolności rozdzielczej.
3. Wskaż rodzaj mikroskopu, za pomocą którego możesz dokonać obserwacji następujących obiektów przyrodniczych: cząsteczka białka, wnętrze mitochondrium, komórka eugleny zielonej.
4. Określ, jakie znaczenie w rozwoju współczesnej medycyny, farmacji i biotechnologii mają hodowle *in vitro* komórek i tkanek.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 13 Do badania komórek i wchodzących w ich skład organelli i struktur komórkowych **wykorzystuje się mikroskopy**.
- s. 14 Podstawowym typem mikroskopu jest **mikroskop optyczny**, który pozwala na obserwację zarówno żywych, jak i martwych komórek. Barwienie preparatów mikroskopowych umożliwia obserwację szczegółów budowy komórki.
- s. 15 Na szczegółowe obserwacje żywych struktur komórkowych bez barwienia pozwalają **mikroskopy kontrastowo-fazowe**, które wykorzystują zjawisko interferencji fal świetlnych.
- s. 15 **Mikroskop fluorescencyjny** jest bardziej zaawansowanym mikroskopem świetlnym. Jego działanie opiera się na wykorzystaniu zjawiska fluorescencji.
- s. 16 Obserwacje szczegółów budowy poszczególnych struktur komórkowych, a nawet makrocząsteczek, umożliwiają **mikroskopy elektronowe**: transmisyjny mikroskop elektronowy o powiększeniu obrazu do miliona razy i elektronowy mikroskop skaningowy o nieco mniejszym powiększeniu, ale trójwymiarowym obrazie.
- s. 17 Do badania komórek służy **frakcjonowanie**, w którym podczas wirowania następuje rozdzielanie poszczególnych struktur i organelli komórkowych, a także autoradiografia, która dzięki izotopom promieniotwórczym pozwala obserwować miejsce pierwiastków i związków chemicznych w komórce oraz śledzić zachodzące procesy metaboliczne.
- s. 17 Obserwacje komórek w żywym organizmie, czyli ***in vivo***, nie zawsze pozwalają na poznanie wszystkich aspektów ich funkcjonowania. Takie możliwości dają eksperymenty i obserwacje prowadzone poza żywym organizmem, czyli ***in vitro*** – hodowle komórek, tkanek i narządów, oznaczanie aktywności enzymów oraz badanie wpływu substancji toksycznych.



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Metody w badaniach biologicznych

- Biologia zajmuje się **badaniem życia oraz funkcjonowaniem organizmów żywych**. s. 8
- Nauki biologiczne bazują na **metodzie obserwacyjnej** oraz **metodzie eksperymentalnej**. s. 8
- **Metoda obserwacyjna** jest metodą nieinwazyjną i służy do zbierania danych o organizmach lub procesach. s. 8
- **Metoda eksperymentalna** polega na badaniu organizmu po zamierzonej zmianie warunków procesu lub czynników wpływających na niego. s. 9
- Badania biologiczne możemy podzielić na **cztery główne etapy**. s. 9
- **Próba kontrolna** (przeprowadzona w stanie naturalnym) oraz **próba badawcza** (sztucznie zmienione warunki) składają się na kompletny **eksperyment biologiczny**. s. 10
- Badania biologiczne prowadzi się według **określonego schematu** obejmującego: sformułowanie problemu badawczego, postawienie hipotezy badawczej, weryfikację hipotezy badawczej oraz sformułowanie wniosków. s. 9
- **Materiałem badawczym** w biologii mogą być organizmy, organy, komórki lub makrocząsteczki. s. 10
- **Organizmy modelowe** (zwierzęce i roślinne) są wykorzystywane w badaniach biologicznych jako reprezentujące inne organizmy. s. 10

2. Sprzęt i metody badawcze stosowane w biologii komórki

- **Mikroskop** jest narzędziem wykorzystywanym do badania komórek i wchodzących w ich skład organelli i struktur komórkowych. s. 13
- **Mikroskop optyczny** jest podstawowym typem mikroskopu. Pozwala on na obserwację zarówno żywych, jak i martwych komórek. s. 14
- Obserwacja szczegółów budowy komórki jest możliwa dzięki **barwieniu preparatów** mikroskopowych. s. 15
- Na szczegółowe obserwacje żywych struktur komórkowych bez barwienia pozwalają **mikroskopy kontrastowo-fazowe**. s. 15
- **Mikroskop fluorescencyjny** jest bardziej zaawansowanym mikroskopem świetlnym wykorzystującym zjawiska fluorescencji. s. 15
- **Mikroskopy elektronowe** umożliwiają obserwację szczegółów budowy poszczególnych struktur komórkowych, a nawet makrocząsteczek. Transmisyjny mikroskop elektronowy ma powiększenie obrazu do miliona razy. s. 16
- Do badania komórek służy **frakcjonowanie**, w którym podczas wirowania następuje rozdzielenie poszczególnych struktur i organelli komórkowych. s. 17
- **Autoradiografia** dzięki izotopom promieniotwórczym pozwala obserwować miejsce pierwiastków i związków chemicznych w komórce oraz śledzić zachodzące procesy metaboliczne. s. 17
- Obserwacje komórek w żywym organizmie, to obserwacje **in vivo**, a eksperymenty i obserwacje prowadzone poza żywym organizmem – **in vitro**, np. hodowle komórek, tkanek i narządów, oznaczanie aktywności enzymów oraz badanie wpływu substancji toksycznych. s. 17

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

1. W ramach kółka biologicznego uczniowie przeprowadzili eksperyment. Trzy obrane połówki jabłka ustawili na talerzykach. Jedną z nich polali świeżo wyciśniętym sokiem z cytryny (1), drugą zagotowanym (przez 10 min) sokiem z cytryny (2), a trzeciej nie polano niczym (3). Po upływie dwóch godzin zaobserwowali, że połówki jabłek ściemniały w przypadkach 2 i 3.

Które z poniższych stwierdzeń mogłoby stanowić problem badawczy dla tego doświadczenia?

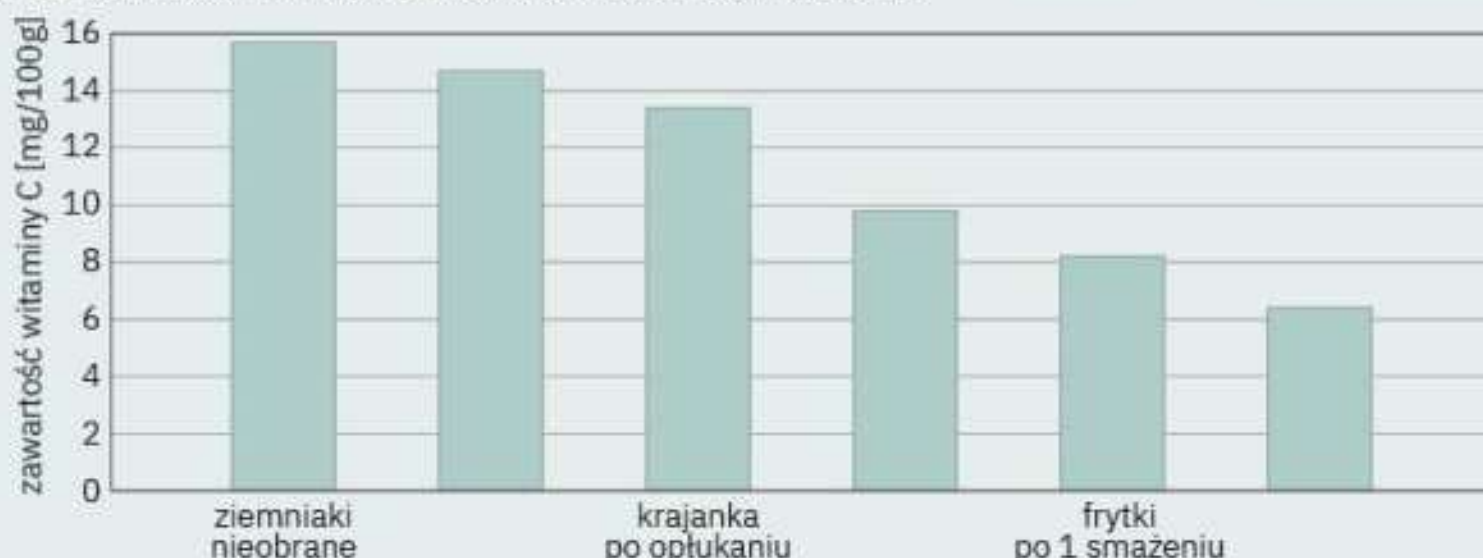
- A. Czy wysoka temperatura powoduje ciemnienie jabłka?
- B. Czy temperatura niszczy związki zawarte w soku z cytryny, które zapobiegają ciemnieniu jabłka?
- C. Wysoka temperatura dezaktywuje związki zapobiegające ciemnieniu jabłka.
- D. Wysoka temperatura nie wpływa na stopień ciemnienia jabłka.

2. Z podanych poniżej przykładów projektów badawczych wybierz te, które opierają się na metodach obserwacyjnych.

- A. Liczenie gniazd bocianów na obszarze Wigierskiego Parku Narodowego w latach 2016–2018.
- B. Wpływ metali ciężkich na wydajność fotosyntezy u moczarki kanadyjskiej.
- C. Porównanie wzrostu i masy ciała uczniów pierwszych klas liceów w województwie małopolskim.
- D. Wpływ czasu przechowywania olejów na zawartość w nich witaminy E.



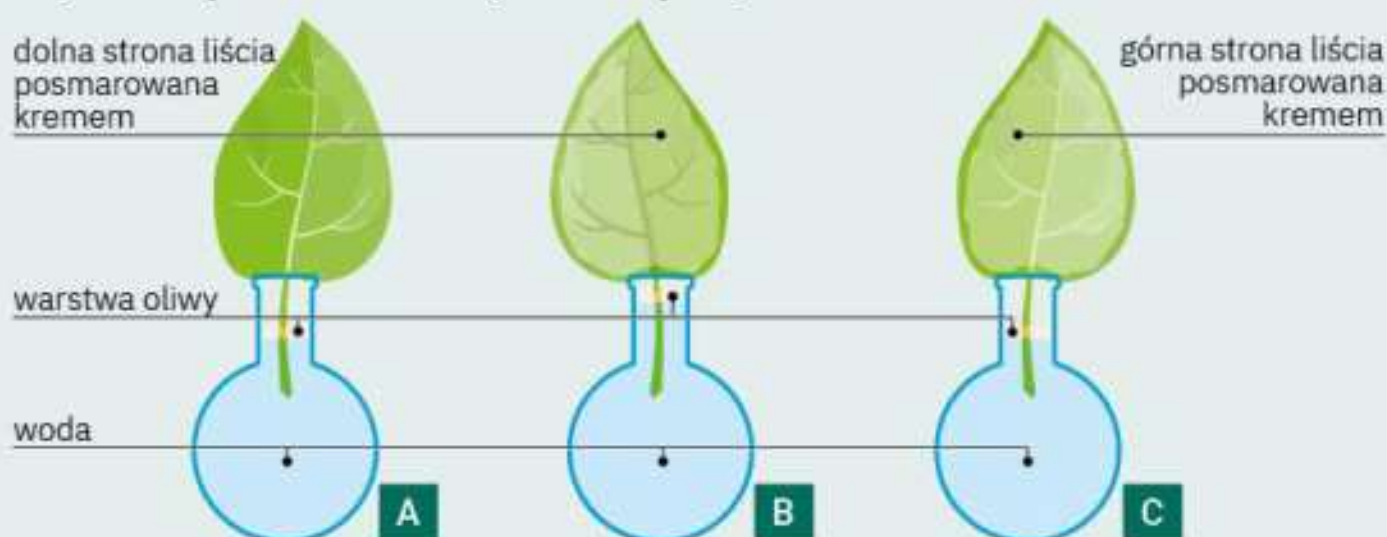
3. W pewnym laboratorium przeprowadzono badania zmian zawartości witaminy C w ziemniakach w czasie produkcji frytek. Wyniki przedstawiono na poniższym wykresie.



E. Rytel, G. Lisińska, *Zmiany zawartości witaminy C w bulwach ziemniaka podczas gotowania i przetwarzania na produkty suszone i smażone*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2007, nr 6.

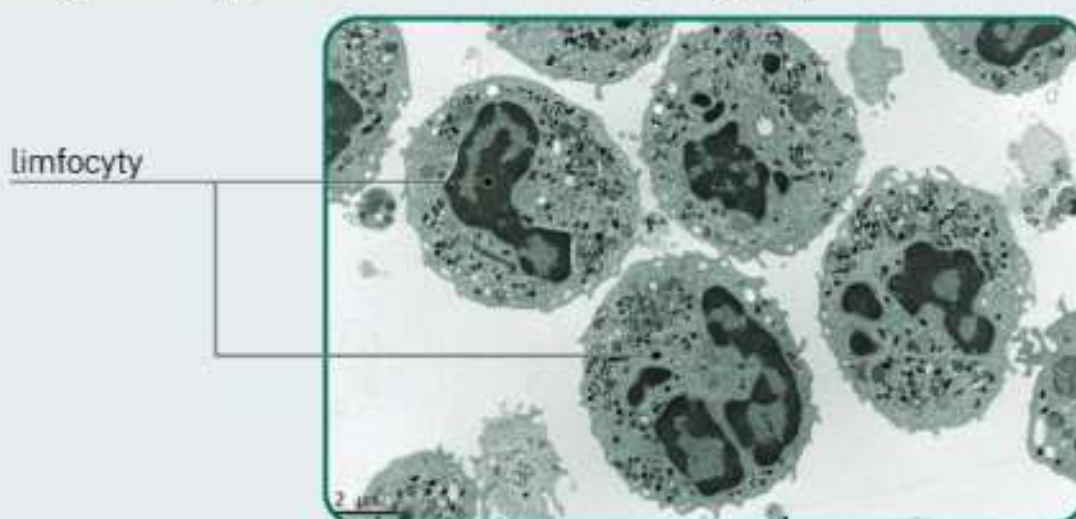
- a) **Sformułuj hipotezę badawczą dla tego doświadczenia.**
b) **Podaj wniosek płynący z tego doświadczenia.**

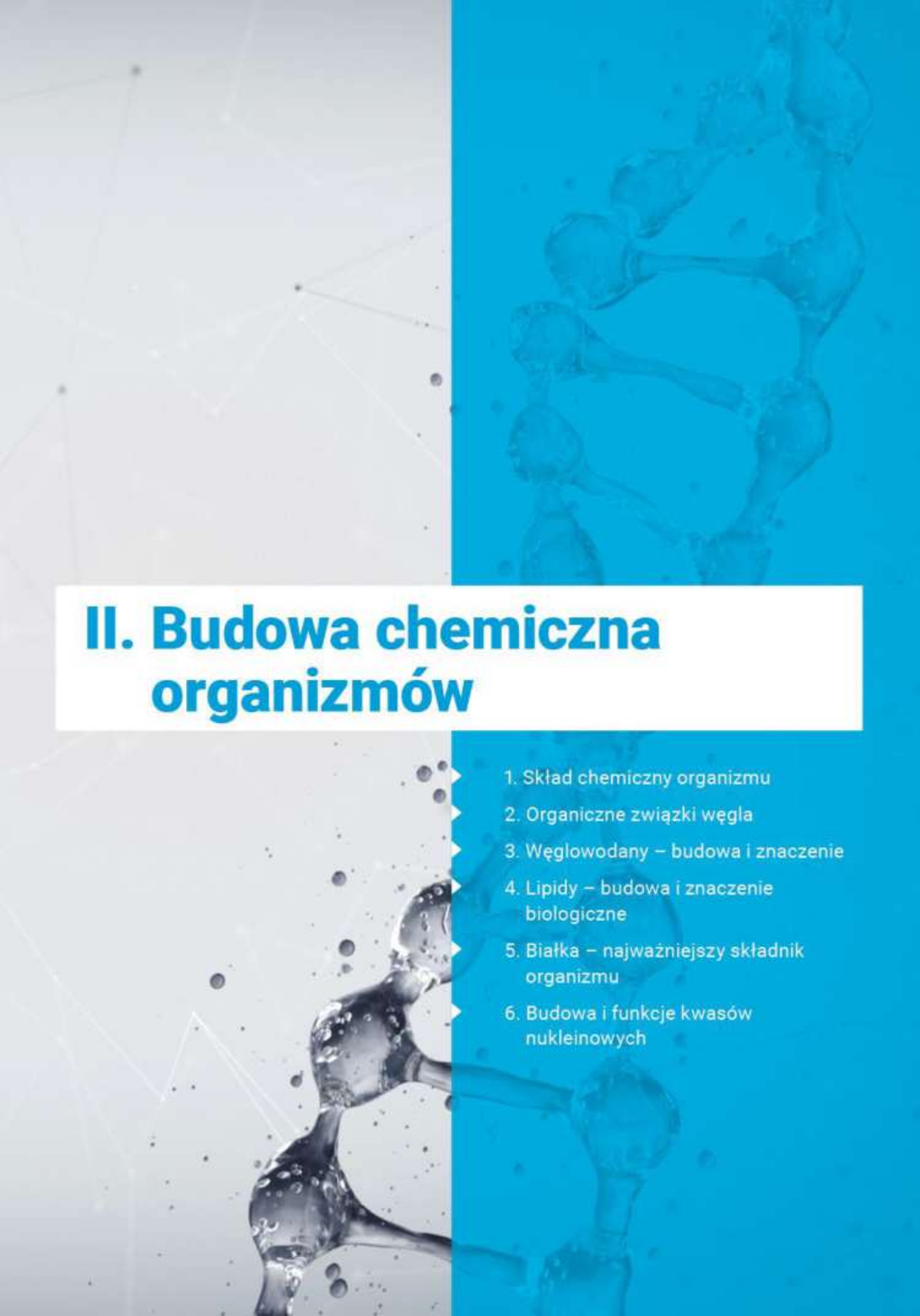
4. Poniższa rycina przedstawia wynik doświadczenia, które miało na celu wykazanie lokalizacji aparatów szparkowych w obrębie blaszek liściowych roślin lądowych.



Wskaż zestaw będący próbą kontrolną w tym doświadczeniu. Odpowiedź uzasadnij.

5. Na podstawie przedstawionego obrazu limfocytów, komórek układu odpornościowego należących do grupy leukocytów określ, jaki rodzaj mikroskopu został użyty. Są to komórki o średnicy 6–15 μm , posiadające duże jądro komórkowe. Uzasadnij swoją odpowiedź.





II. Budowa chemiczna organizmów

- ▶ 1. Skład chemiczny organizmu
- ▶ 2. Organiczne związki węgla
- ▶ 3. Węglowodany – budowa i znaczenie
- ▶ 4. Lipidy – budowa i znaczenie biologiczne
- ▶ 5. Białka – najważniejszy składnik organizmu
- ▶ 6. Budowa i funkcje kwasów nukleinowych

1. Skład chemiczny organizmu

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz związki chemiczne budujące organizm;
- dowiesz się, jakie pierwiastki chemiczne wchodzi w skład organizmu;
- zrozumiesz, jakie znaczenie mają makroelementy, mikroelementy i ultraelementy;
- przeanalizujesz budowę i właściwości wody.

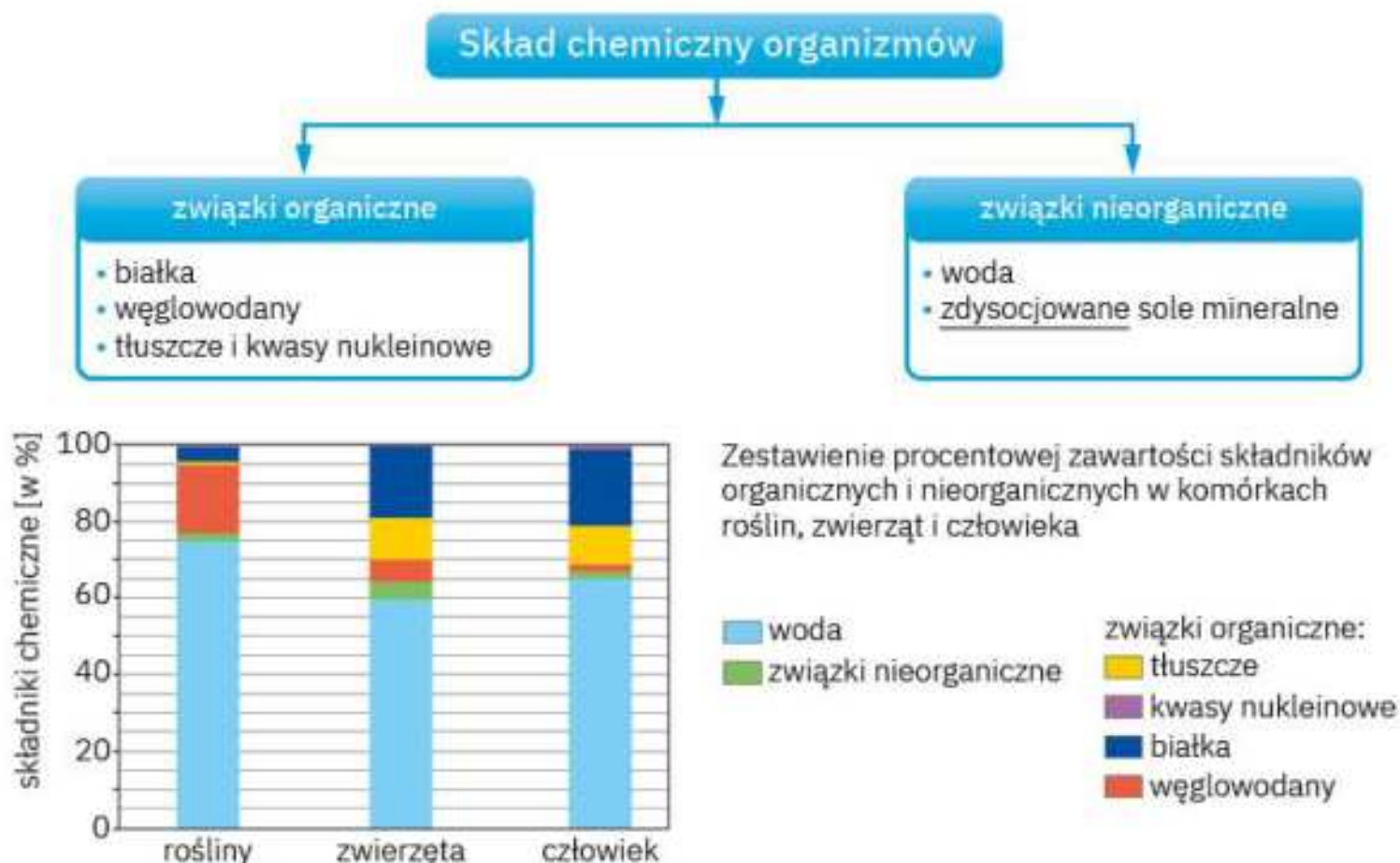
Związki chemiczne

związki
nieorganiczne

W skład organizmów wchodzi różne rodzaje związków chemicznych. Dzielimy je na nieorganiczne i organiczne. **Związki nieorganiczne** to substancje, w których budowie nie występuje atom węgla (wyjątki: dwutlenek węgla CO_2 , kwas węglowy H_2CO_3 i jego sole). Najważniejszymi związkami nieorganicznymi występującymi w żywych organizmach są woda i sole mineralne.

związki
organiczne

Poza wodą dominują złożone **związki organiczne**: białka, tłuszcze (lipidy), cukry (węglowodany) i kwasy nukleinowe (**ryc. II.1.1.**).



Ryc. II.1.1. Procentowy udział składników organicznych i nieorganicznych w komórkach roślin, zwierząt i człowieka.



Pierwiastki chemiczne

Spośród 92 pierwiastków obecnie występujących na Ziemi, około 25 ma istotne znaczenie dla funkcjonowania organizmów. W poszczególnych ich grupach udział i rola tych pierwiastków się różni, np. skutki niedoboru jodu u człowieka i zwierząt są wyraźne, a brak ich u roślin.

Ze względu na zawartość procentową pierwiastków w suchej masie organizmu wyróżniamy **makroelementy** (powyżej 0,01%), **mikroelementy** (poniżej 0,01%) i **ultraelementy**, czyli pierwiastki śladowe (mniej niż 0,0001%).

mikroelementy
i ultraelementy

Makroelementy, niezbędne do prawidłowego rozwoju i funkcjonowania organizmów, są im potrzebne w dużych ilościach. Sześć spośród nich – węgiel (C), wodór (H), tlen (O), azot (N), siarka (S) i fosfor (P) – buduje związki organiczne wszystkich żywych organizmów (białka, kwasy nukleinowe, tłuszcze i węglowodany) (**tab. II.1.1.**). Nazywamy je **pierwiastkami biogennymi** lub budulcowymi (z gr. *bios* – życie, gr. *genom* – rodzić; w dosłownym tłumaczeniu: życiodajne). Cztery z nich – węgiel, wodór, tlen i azot – stanowią od 96 do 99% suchej masy organizmu.

pierwiastki
biogenne

Tab. II.1.1. Pierwiastki biogenne – podstawowe funkcje, źródła i skutki niedoboru w organizmie

Pierwiastek	Najważniejsza rola w organizmie	Główne źródło	Niektóre skutki niedoboru u zwierząt i człowieka
węgiel (C) tlen (O) wodór (H)	podstawowe pierwiastki budulcowe wszystkich związków organicznych, tlen bierze udział w oddychaniu i z wodorem tworzy wodę	produkty pokarmowe	zahamowanie procesów życiowych i śmierć organizmu
azot (N)	składnik białek, nukleotydów, kwasów nukleinowych, nośników energii (ATP, ADP), główny składnik zbędnych metabolitów wydalanych przez zwierzęta	produkty białkowe zwierzęce (mięso, nabiał, ryby, owoce morza) i roślinne (nasiona strączkowe, orzechy i pestki, pełne nasiona zbóż)	zahamowanie procesów życiowych (wychudzenie, osłabiony wzrost u dzieci, ogólne osłabienie, zmiany skórne, choroby wątroby)
siarka (S)	składnik niektórych białek (budujących włosy, paznokcie i skórę), enzymów, hormonów oraz koenzymu A (uczestniczy w oddychaniu komórkowym)	jaja, mleko i jego przetwory, mięso, rośliny strączkowe, czosnek, cebula, kapusta, papryka, niektóre owoce (truskawki, awokado, morele)	pogorszenie stanu włosów, paznokci, skóry; pogorszenie wchłaniania innych pierwiastków (magnez, żelazo, potas, wapń), zaburzenia pracy wątroby
fosfor (P)	składnik nukleotydów, kwasów nukleinowych, związków wysokoenergetycznych (ATP, ADP) i niektórych białek, składnik kości, zębów	otręby pszenne, sery, mleko, orzechy, pełne nasiona zbóż, wątroba wieprzowa	zaburzenia wzrostu, osłabienia i bóle mięśni oraz kości; zaburzenia oddychania; zaburzenia neurologiczne



Oprócz pierwiastków biogennych do makroelementów zaliczamy także: wapń (Ca), magnez (Mg), sód (Na), potas (K) i chlor (Cl) (**tab. II.1.2**).

Tab. II.1.2. Makroelementy – podstawowe funkcje, źródła i skutki niedoboru ich jonów w organizmie

Pierwiastek [jony]	Najważniejsza rola w organizmie	Główne źródło	Niektóre skutki niedoboru u zwierząt i człowieka
wapń (Ca)	składnik budulcowy kości, zębów, bierze udział w skurczu mięśni i procesie krzepnięcia krwi, odpowiada za prawidłowe przewodnictwo impulsów nerwowych	mleko i produkty mleczne, ryby, orzechy, natka pietruszki, szpinak	u dzieci i młodzieży zmniejszenie masy kostnej, krzywica; u dorosłych osteoporoza; stany lękowe, skurcze mięśni
magnez (Mg)	składnik kości i zębów oraz mięśni; aktywator wielu enzymów	szpinak, kasza gryczana, ciemne pieczywo, warzywa strączkowe, owoce morza, kakao, gorzka czekolada	osłabienie i skurcze komórek nerwowych i mięśniowych, zaburzenia rytmu serca, ogólne osłabienie organizmu; bóle i zawroty głowy; rozdrażnienie
sód (Na)	uczestniczy w przewodzeniu impulsów nerwowych; reguluje <u>ciśnienie osmotyczne krwi</u>	sól kuchenna, ryby, owoce morza	mniejsza pobudliwość komórek nerwowych; skurcze mięśni, obniżone ciśnienie krwi, odwodnienie (suchość skóry i błon śluzowych)
potas (K)	uczestniczy w przewodzeniu impulsów nerwowych, reguluje gospodarkę wodno-elektrolitową i pracę nerek; wpływa na skurcze mięśni przez utrzymanie potencjału błonowego	nasiona roślin strączkowych, kakao, orzechy (zwłaszcza arachidowe i włoskie); suszone owoce (głównie morele, rodzynki, jabłka, figi), niektóre warzywa (np. pomidory, ziemniaki, brokuły, buraki, seler) i owoce (np. banany, brzoskwinie, morele, owoce cytrusowe)	osłabienie pracy mięśni; choroby serca i nerek; nadciśnienie; ogólne osłabienie organizmu; apatia
chlor (Cl)	reguluje gospodarkę wodno-elektrolitową i równowagę kwasowo-zasadową (aktywuje enzymy trawienne w układzie pokarmowym)	sól kuchenna, owoce morza, ryby, wędliny, wszystkie produkty, do których jest dodawana sól	osłabienie pracy mięśni; zaburzenia procesu trawienia



Mikroelementy to pierwiastki, które – w porównaniu z makroelementami – występują w organizmie w niewielkich ilościach. Należą do nich np. żelazo (Fe), jod (I), miedź (Cu), kobalt (Co), cynk (Zn) i fluor (F) (**tab. II.1.3.**). Są one niezbędne do życia i prawidłowego rozwoju organizmu.

Tab. II.1.3. Mikroelementy – podstawowe funkcje, źródła i skutki niedoboru ich jonów w organizmie

Pierwiastek [jony]	Najważniejsza rola w organizmie	Główne źródło	Niektóre skutki niedoboru u zwierząt i człowieka
żelazo (Fe)	składnik białek złożonych magazynujących (mionoglobina) lub transportujących (hemoglobina) tlen; buduje enzymy łańcucha oddechowego	podroby (wątroba, nerki), mięso, jaja, nasiona roślin strączkowych (soja, fasola), korzeń pietruszki, niektóre owoce (morele, śliwki, figi) nasiona sezamu, dyni i słonecznika	anemia i osłabienie organizmu, apatia, zaburzenia oddychania i pracy serca
jod (I)	składnik hormonów tarczycy (odpowiadających za pracę serca, układu nerwowego i przemianę materii)	sól jodowana, owoce morza, glony; niektóre ryby (np. dorsz), fasola, borówki, ziemniaki, truskawki	opóźnienie umysłowe, zwolnienie tempa metabolizmu
miedź (Cu)	składnik wielu enzymów, uczestniczy w syntezie hemoglobiny i transporcie żelaza we krwi	wątroba, zarodki i otręby pszenne, płatki owsiane, orzechy, kakao, nasiona słonecznika, zielone warzywa liściaste, ostrygi, nasiona roślin strączkowych	niedobory występują bardzo rzadko; anemia; obniżona odporność
kobalt (Co)	składnik witaminy B ₁₂ (odpowiada za wytwarzanie czerwonych krwinek)	wątroba, nerki, mięso, niektóre owoce morza (np. ostrygi); mleko, szpinak, sałata, ziarna zbóż	anemia, opóźnienie wzrostu
cynk (Zn)	składnik insuliny (hormon regulujący poziom cukru we krwi, składnik wielu enzymów regulujących przemianę białek, węglowodanów i metabolizmu wolnych rodników	nasiona słonecznika i dyni, ostrygi, krewetki, mięso, jaja, wątroba, produkty zbożowe (otręby pszenne, kietki pszenicy)	spowolnienie gojenia się ran, łamliwość włosów i paznokci, zmiany łuszczykowe skóry, zaburzenia czynności gonad
fluor (F)	składnik kości i zębów	woda wodociągowa, herbata, ryby, produkty pełnoziarniste, sery żółte, pleśniowe i topione	próchnica zębów

Niekiedy z mikroelementów wyodrębnia się **ultraelementy** – złoto (Au), srebro (Ag), selen (Se), platynę (Pt), chrom (Cr), molibden (Mo) i nikiel (Ni). W organizmach pierwiastki te występują w minimalnych ilościach. Wchodzą w skład budowy komórki, są składnikami enzymów lub aktywują procesy metaboliczne.

Aby zachować w organizmie równowagę (homeostazę), poziom makroelementów i mikroelementów powinien być odpowiedni. Zarówno niedobór, jak i nadmiar tych pierwiastków wywołuje różne schorzenia u człowieka (**ryc. II.1.2.**).



Ryc. II.1.2. Skutki niedoboru niektórych pierwiastków: A. jodu – powiększenie tarczycy, tzw. wole, i jej niedoczynność, B. fluoru – próchnica zębów, C. wapnia – słaby wzrost kości, co sprzyja ich pękaniu.



Lekarze i dietetycy zalecają stosowanie zbilansowanej diety, która dostarcza wszystkich składników niezbędnych do funkcjonowania organizmu (**ryc. II.1.3.**).

Ryc. II.1.3. Różnorodna dieta to recepta na zdrowe życie.

W sezonie zimowym niedobory niektórych pierwiastków można uzupełniać poprzez spożywanie preparatów farmakologicznych (**ryc. II.1.4.**).



Ryc. II.1.4. Uzupełnienie niedoboru pierwiastków w pokarmie.



Budowa i właściwości wody

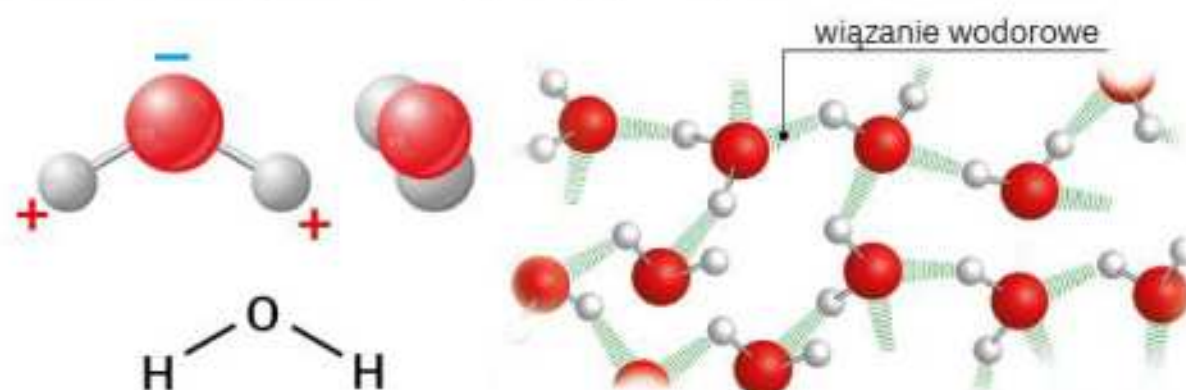
Woda to podstawowy czynnik warunkujący istnienie życia na Ziemi. Bez niej nie-
możliwe jest istnienie nie tylko człowieka, lecz także jakichkolwiek organizmów.
Wchodzi w skład zarówno roztworów w komórce (stanowi środowisko zachodzenia
w nich wielu reakcji biochemicznych), jak i płynów ustrojowych. **Średnia zawar-
tość wody** w organizmach wynosi od 65 do 75%. Jej ilość wpływa na szybkość
przemian metabolicznych. Organizmy młode (np. noworodek, dziecko) oraz inten-
sywnie pracujące organy (np. nerki, mięśnie) zawierają większą ilość wody niż or-
ganizmy starsze (np. dorosły człowiek) czy ich struktury o wolnym metabolizmie
(np. szkliwo zębów, kości). Zawartość wody zależy także od środowiska życia, np.
w ciałach meduz czy glonów, czyli organizmów wodnych, dochodzi nawet do 95%
(**ryc. II.1.5.**). Nadmierna utrata wody w organizmach hamuje wszelkie procesy ży-
ciowe, a jeśli przekracza 10%, powoduje nieuchronną śmierć.

zawartość wody
w organizmie



Ryc. II.1.5. Procentowa zawartość wody w różnych organizmach, narządach i tkankach.

Szczególna rola wody wynika z jej specyficznych właściwości chemicznych i fizycz-
nych. Cząsteczka wody jest zbudowana z dwóch atomów wodoru i jednego atomu
tlenu. Można w niej wyróżnić dwie części: o cząstkowym ładunku dodatnim, związa-
nym z atomami wodoru, i cząstkowym ładunku ujemnym, występującym przy atomie
tlenu (**ryc. II.1.6.**). Cząsteczki o takiej budowie nazywamy **polarnymi** lub **dipolami**.



Ryc. II.1.6.
Uproszczony model
budowy cząsteczki
wody.

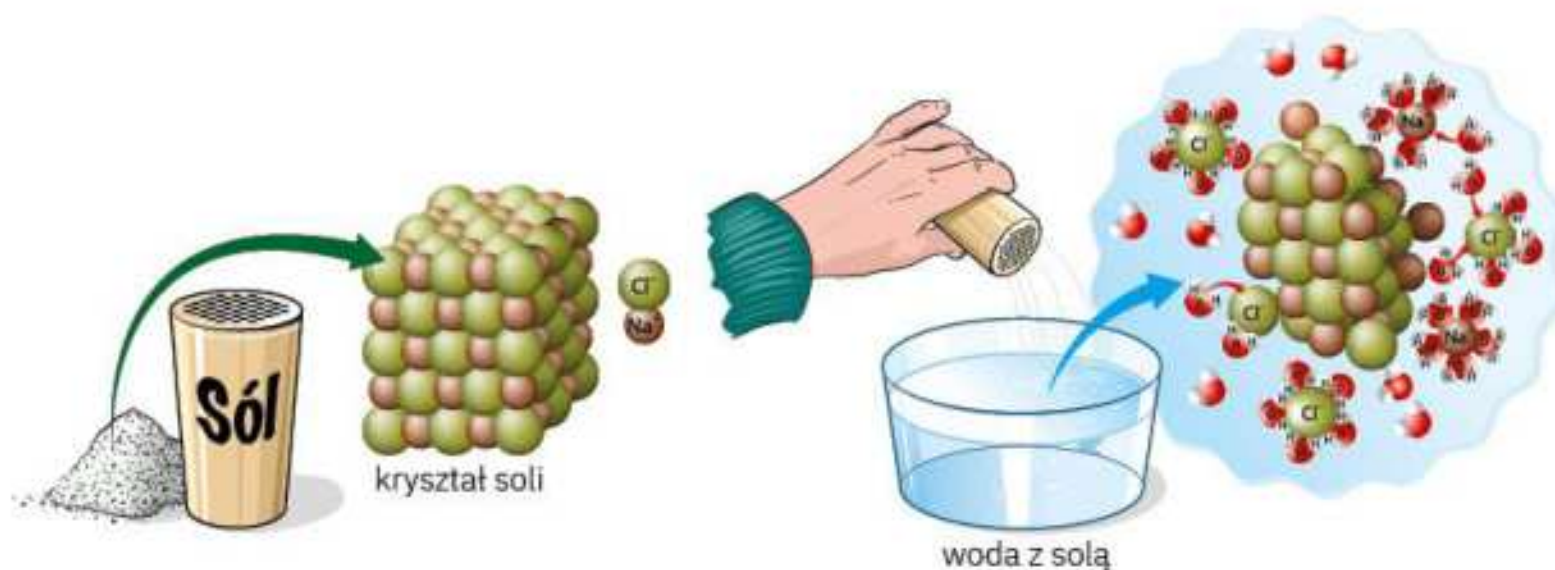


woda jako
rozpuszczalnik

Dzięki budowie polarnej cząsteczki H_2O mogą łączyć się ze sobą lub z innymi cząsteczkami za pomocą wiązań wodorowych (**ryc. II.1.6.**). Zdolność wody do tworzenia wiązań wodorowych decyduje o następujących jej właściwościach: zdolności do rozpuszczania innych substancji, wysokiej temperaturze topnienia i wrzenia, dużym cieple właściwym, dużym napięciu powierzchniowym oraz tworzeniu lodu.

■ **Uniwersalny rozpuszczalnik**

Dzięki budowie polarnej cząsteczki wody mogą być przyciągane przez inne cząsteczki naładowane zarówno ujemnie, jak i dodatnio. Cząsteczki wody otaczają je i odrywają (**ryc. II.1.7.**). Dlatego woda jest rozpuszczalnikiem wszystkich substancji polarnych ważnych dla organizmów, np. jonów nieorganicznych czy cukrów prostych.



Ryc. II.1.7. Rozpuszczanie się substancji w wodzie na przykładzie soli kuchennej (chlorek sodu $NaCl$). Gdy do wody wsypiemy sól kuchenną, cząsteczki wody otaczają jony Na^+ od strony ujemnie naładowanego tlenu, a jony Cl^- od strony dodatnio naładowanego wodoru. Wiązanie między jonami sodu i chloru zostaje osłabione i w efekcie cząsteczka soli się rozpuszcza.

Pozwala to także na tworzenie roztworów koloidalnych przez niektóre białka. Po rozpuszczeniu w niewielkiej ilości wody białko przyjmuje postać galaretowatego żelu. Pod wpływem dodawania większej ilości wody białka lepiej się rozpuszczają, tworząc zol (**ryc. II.1.8.**).

A



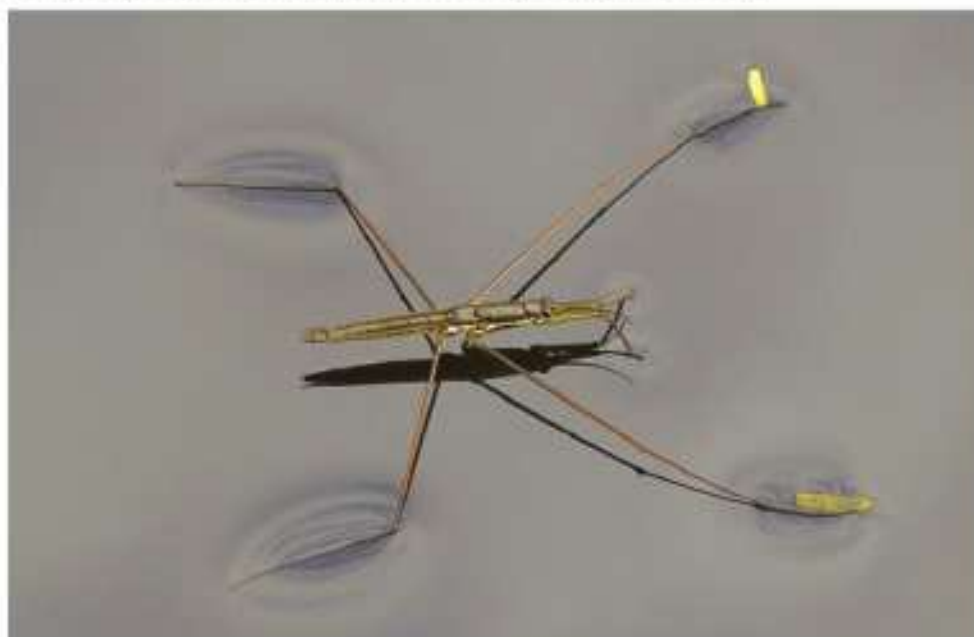
B



Ryc. II.1.8. Galaretki spożywcze w swoim składzie zawierają żelatynę (A), naturalną substancję będącą mieszaniną białek i peptydów. Po rozpuszczeniu w wodzie tworzy ona zol, który po obniżeniu temperatury łatwo przechodzi w żel (B).

■ Duże napięcie powierzchniowe

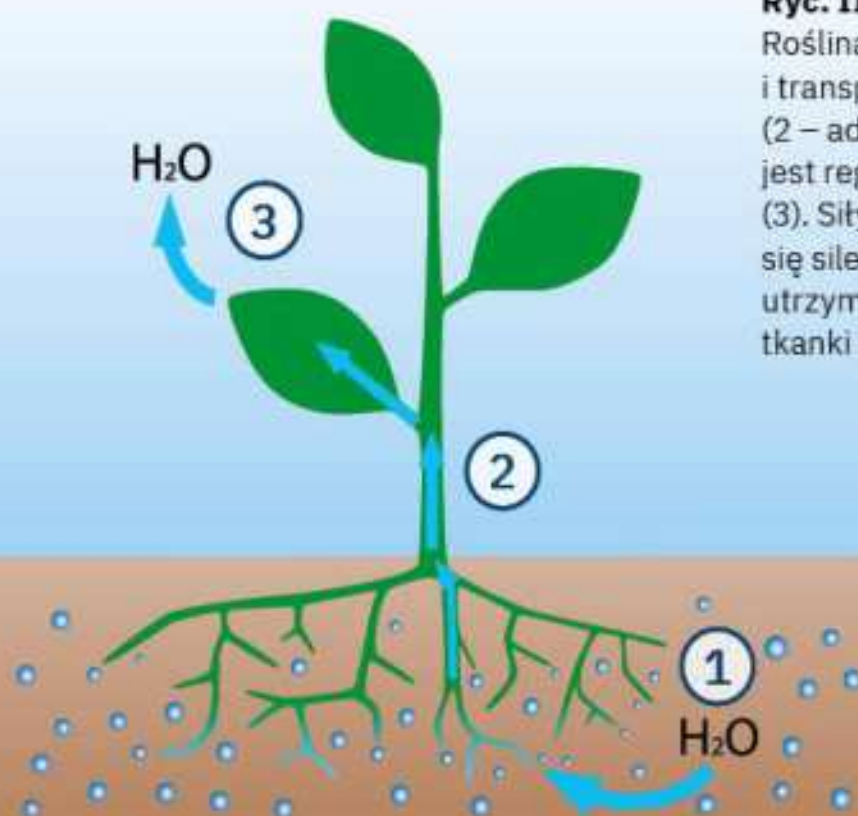
Niewiele cieczy w przyrodzie charakteryzuje się tak dużym napięciem powierzchniowym, jak woda. Wśród pospolitych cieczy tylko rtęć ma większe. Napięcie powierzchniowe jest efektem działania międzycząsteczkowych sił przyciągania, czyli **sił kohezji** (spójności). Siły te prowadzą do zmniejszenia swobodnej powierzchni cząstek. Stosunkowo duże napięcie powierzchniowe wody pozwala na utrzymanie się na jej powierzchni przedmiotów cięższych od niej, na przykład różnych gatunków chrząszczy i wodnych pluskwiaków, które mogą po niej „biegać” (**ryc. II.1.9.**).



Ryc. II.1.9. Duże napięcie powierzchniowe wody pozwala na poruszanie się po niej owadów o stosunkowo niewielkiej masie ciała, takich jak nartniki (*Gerris lacustris*). Owady te ślizgają się po wodzie dzięki szeroko rozstawionym odnóżom, pokrytym niezwykłymi włoskami.

Inną cechą wody jest zdolność **adhezji**. Adhezja to zjawisko przylegania cząstek powierzchniowych jednej substancji do drugiej. Woda odznacza się zdolnością przylegania do różnych substancji, np. do grudek gleby, skał i gliny. Nie przykleja się np. do powierzchni parafiny.

Siły adhezji i kohezji ułatwiają m.in. krążenie wody w glebie, transport wody i rozpuszczonych w niej substancji odżywczych w roślinie czy krwi w organizmach zwierzęcych (**ryc. II.1.10.**).

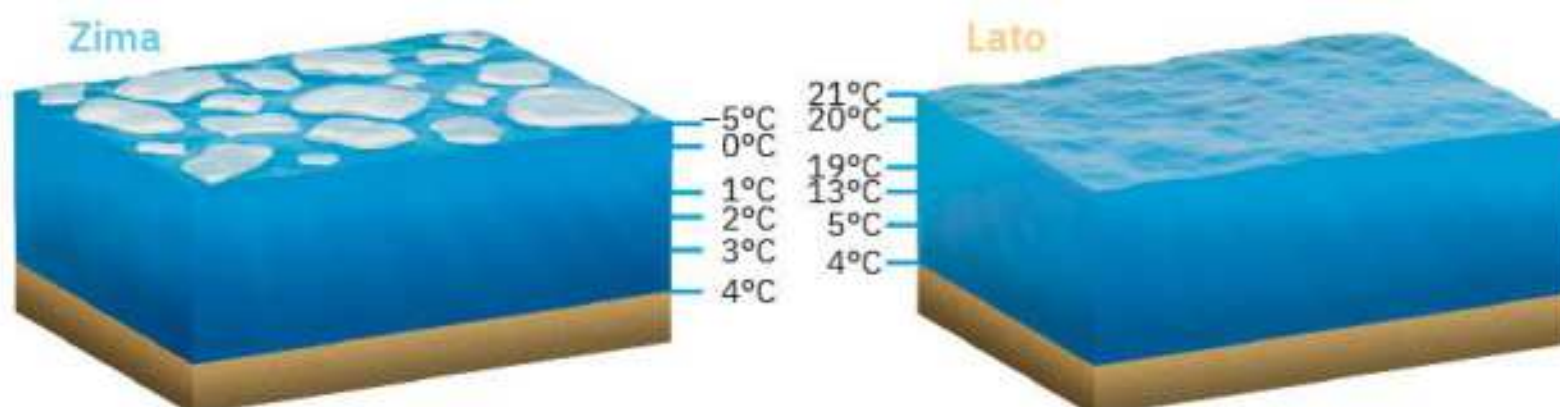


Ryc. II.1.10. Transport wody w roślinie. Roślina pobiera wodę przez korzenie (1) i transportuje w górę tkanką przewodzącą (2 – adhezja, kohezja). Ilość pobranej wody jest regulowana przez parowanie wody z liści (3). Siły adhezji ułatwiają przeciwstawienie się sile grawitacji, a siły kohezji umożliwiają utrzymanie słupa wody wewnątrz komórek tkanki przewodzącej.



■ *Anomalia cieplna wody*

Wraz z obniżeniem temperatury wzrasta objętość wody, a maleje jej gęstość. Największą gęstość ma woda w temperaturze $+4^{\circ}\text{C}$, a przy dalszym spadku temperatury gęstość maleje. W temperaturze 0°C woda zestala się w lód i powiększa swoją objętość o mniej więcej jedną dziesiątą. W efekcie lód jest nieco lżejszy od wody, unosi się na powierzchni i izoluje głębsze warstwy wody od zamarzania. Pozwala to na przetrwanie zimy organizmom żyjącym pod lodem (**ryc. II.1.11.**).



Ryc. II.1.11. Głębokie zbiorniki wodne mają przy dnie temperaturę zbliżoną do $+4^{\circ}\text{C}$, ponieważ woda o największej gęstości opada na dno. Latem na dnie zbiornika jest najniższa temperatura, a zimą – najwyższa, co pozwala np. rybom przeżyć zimę.

Zmiany gęstości wody wraz ze zmianą temperatury powodują ruch wody, co wpływa korzystnie na przenoszenie substancji wykorzystywanych przez organizmy żyjące w wodzie.



Ryc. II.1.12. Przeciętnie podczas doby człowiek traci razem z potem 800–1000 ml wody. Ta ilość może wzrosnąć nawet do 10 l podczas intensywnego treningu czy silnego stresu.

■ *Wysokie ciepło parowania*

Wysokie ciepło parowania oznacza, że przejście wody ze stanu ciekłego w stan gazowy pochłania dużą ilość energii. Dzięki tej właściwości utrata wody, np. z potem, który zawiera ok. 99% wody, lub podczas transpiracji u roślin, pozwala organizmom szybko oddać nadmiar ciepła i zapobiega przegrzaniu (**ryc. II.1.12.**). W związku z tym woda pełni istotną funkcję w termoregulacji.

Woda jest także dobrym przewodnikiem ciepła. Dzięki wodzie ciepło rozchodzi się po całym organizmie, wyrównując w krótkim czasie różnice temperatur między poszczególnymi jego częściami.

■ *Duże ciepło właściwe*

Duże ciepło właściwe wody oznacza, że dla podwyższenia lub obniżenia temperatury wody niezbędne jest dostarczenie dużej ilości energii cieplnej lub znaczny jej ubytek. Dzięki temu środowisko wodne zapewnia stabilne warunki termiczne.



Gwałtowne zmiany temperatury otoczenia są wyrównywane przez wodę znajdującą się w organizmie, która pochłania lub oddaje ciepło. Duże ciepło właściwe również w istotny sposób kształtuje klimat Ziemi. Latem temperatura wody jest niższa od temperatury powietrza, a zimą jest odwrotnie. Sprzyja to stabilizacji temperatury powietrza wokół dużych zbiorników wodnych.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Wyjaśnij, jakie kryterium stosuje się przy podziale pierwiastków na makro-, mikro- i ultraelementy.
- Sześć podstawowych makroelementów określa się mianem pierwiastków biogennych. Wytłumacz nazwę *pierwiastki biogenne*.
- Podaj nazwę pierwiastka, którego niedobór w organizmie wywołuje poniższe objawy.
 - krzywica, łamliwość kości
 - zaburzenia pracy serca, wzrost pobudliwości nerwowo-mięśniowej
 - niedokrwistość (anemia), osłabienie
 - próchnica zębów
- Woda jest niezwykle ciekawym związkiem nieorganicznym odznaczającym się specyficznymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Dzięki tym właściwościom jest możliwe życie organizmów na Ziemi. Przedstaw, jak wymienione właściwości wody wpływają na życie organizmów.
 - zdolność adhezji i kohezji
 - duże napięcie powierzchniowe
 - duże ciepło właściwe
- Podczas intensywnego treningu na siłowni się pocimy. Wyjaśnij, z jakiej właściwości wody wówczas korzystamy.
- Wymień czynniki, które decydują o różnej zawartości wody w organizmach.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Podstawowymi składnikami wszystkich organizmów są związki chemiczne: **nieorganiczne i organiczne**. s. 22

Pierwiastki budujące organizmy występują w nich w różnych ilościach. Dzielimy je na **makroelementy, mikroelementy i ultraelementy** (pierwiastki śladowe). s. 23

Sześć podstawowych makroelementów to **pierwiastki biogenne** budujące związki organiczne wszystkich organizmów. s. 23

Podstawowym związkiem nieorganicznym każdego organizmu jest **woda** (średnia jej zawartość wynosi od 65% do 75%). s. 27

Woda jest **dobrym rozpuszczalnikiem** i środowiskiem zachodzenia reakcji chemicznych. s. 28

Dzięki wysokiej temperaturze topnienia i wrzenia, dużemu ciepłu właściwemu oraz dużemu **napięciu powierzchniowemu** woda ma duże znaczenie dla funkcjonowania organizmów. s. 29



2. Organiczne związki węgla

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, jak różnorodne są związki węgla;
- poznasz grupy funkcyjne i ich właściwości;
- przeanalizujesz sposób powstawania polimerów i makrocząsteczek.

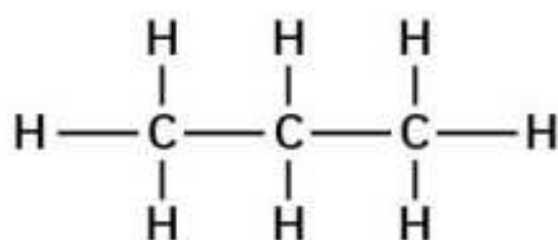
związki węgla

właściwości
atomu węgla

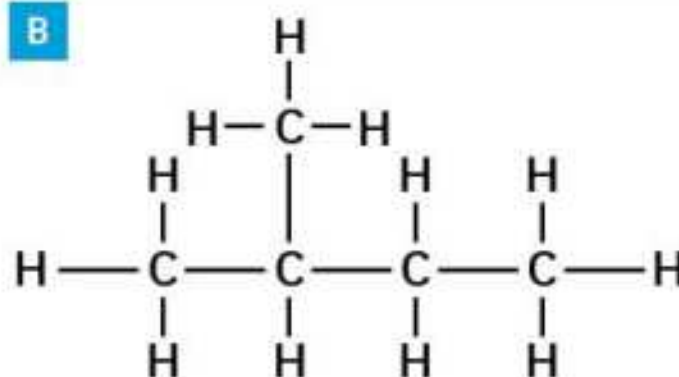
Organiczne związki węgla są szeroko rozpowszechnione w przyrodzie. Nazwa *organiczne* to ślad dawnego poglądu, że substancje te mogą być wytwarzane tylko w organizmach żywych. Znamy ponad 5 milionów organicznych związków węgla. Na ich różnorodność wpływają następujące **cechy tego pierwiastka**:

1. Atom węgla może wytworzyć cztery wiązania kowalencyjne z innymi atomami.
2. Węgiel może się łączyć wiązaniami chemicznymi z innymi atomami węgla, a także z wieloma różnymi atomami (m.in. tlenem, azotem, fosforem, siarką).
3. Wiązania między atomami węgla mogą być pojedyncze, podwójne, a nawet potrójne.
4. Związki organiczne mogą mieć formę prostego lub rozgałęzionego łańcucha oraz pierścienia (**ryc. II.2.1.**).

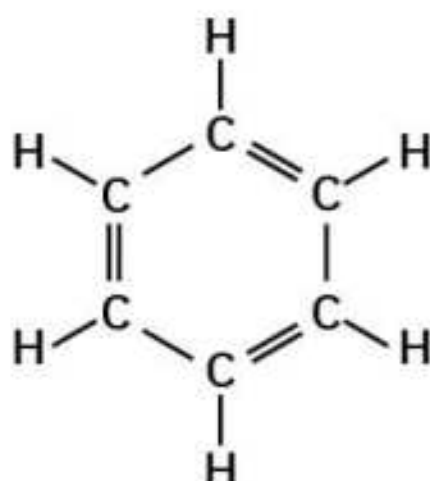
A



B



C



Ryc. II.2.1. Związki węgla mogą mieć formę prostego (A), rozgałęzionego (B) łańcucha lub pierścienia (C). Dodatkowo w cząsteczce mogą występować wiązania podwójne.

5. Związki węgla przyłączają dodatkowe grupy atomów – tzw. **grupy funkcyjne**, które nadają tym cząsteczkom charakterystyczne właściwości fizykochemiczne oraz warunkują sposób oddziaływania z innymi cząsteczkami (**tab. II.2.1.**).

Tab. II.2.1. Najważniejsze grupy funkcyjne organicznych związków węgla

Grupa funkcyjna	Wzór	Właściwości	Przykładowy związek
hydroksylowa	$R-OH$	polarna	etanol
karbonylowa – aldehydowa – ketonowa	$R-CHO$ $\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-H \end{array}$	polarna	formaldehyd aceton
karboksylowa	$R-COOH$	słabo kwaśna, może odłączać się jon H^+	kwas octowy
aminowa	$R-NH_2$	słabo zasadowa, może przyłączać jon H^+	aminokwas alanina
fosforanowa	$R-PO_4^{3-}$	słabo kwaśna, może odłączać się jeden lub dwa jony H^+	glicerofosforan
sulfhydrylowa	$R-SH$	stabilizuje strukturę białek	cysteina

Wiązanie pomiędzy atomami węgla w komórce może ulec rozerwaniu i tym samym podlegać przemianom. Wiązania węgiel-węgiel stanowią „szkielet” wielu dużych cząsteczek (tzw. **makrocząsteczek**), m.in. białek, węglowodanów, lipidów czy kwasów nukleinowych. Związki te tworzą **polimery**, czyli połączenia powtarzających się mniejszych jednostek zwanych **monomerami** (**ryc. II.2.2.**). Monomery wszystkich komórkowych makrocząsteczek (jest ich w sumie 40) łączą się ze sobą w różnych kombinacjach, dając w efekcie ogromną ich liczbę. Na przykład monomerami białek jest tylko 20 różnych aminokwasów, a liczbę białek z nich utworzonych podajemy w tysiącach (sami enzymy znanych jest ponad 4000).



Ryc. II.2.2. Powstawanie polimerów. W wyniku połączenia monomerów powstaje dimer, a dołączanie kolejnych monomerów prowadzi do utworzenia oligomerów i polimerów. W wyniku hydrolizy polimery rozpadają się na monomery.



Organicznymi związkami komórki są białka, węglowodany, lipidy i kwasy nukleino-
we (**tab. II.2.2.**). Inne substancje organiczne stanowią mniejszy procent masy ko-
mórki, co nie oznacza, że mają mniejsze znaczenie biologiczne.

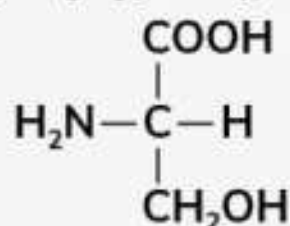
Tab. II.2.2. Względna liczba cząsteczek różnych substancji w przeciętnej komórce zwierzęcej

Związek chemiczny	Zawartość w świeżej masie [%]	Przeciętny ciężar cząsteczkowy pojedynczej cząsteczki
woda	85	18
białko	10	36 000
DNA	0,4	1 000 000
RNA	0,7	40 000
lipidy	2,0	700
pozostałe związki organiczne	0,4	250
związki nieorganiczne	1,5	55

W każdej żywej komórce ilość białek zwykle przewyższa ilość lipidów, węglowoda-
nów i kwasów nukleinowych. Istnieją jednak komórki wyspecjalizowane, w których
stosunki te przedstawiają się nieco inaczej, np. w komórkach tkanki tłuszczowej
przeważają lipidy, a w komórkach roślin wyższych – węglowodany, z których zbu-
dowana jest ściana komórkowa i materiały zapasowe.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij przyczyny obserwowanej różnorodności związków organicznych.
2. Jakie grupy funkcyjne zawiera poniższy związek? Jakie właściwości mają te grupy?



3. Makrocząsteczki komórkowe powstają w wyniku kondensacji monomerów. Ze względu na spo-
sób ich łączenia (np. kolejność, rozgałęzienia) występują w olbrzymiej liczbie. Podobnie jak słowa
tworzone są z liter, tak polimery powstają z monomerów.

Utwórz jak najwięcej różnych słów z liter (wszystkich lub ich części) wchodzących w skład nazwy:
CHEMIA ORGANICZNA



PODSUMOWANIE LEKCJI

Chemia organiczna zajmuje się badaniem **związków węgla**.

s. 32

Atomy węgla dzięki swoim **właściwościom** łączą się ze sobą oraz z atomami innych pierwiastków, tworząc cząsteczki o różnej strukturze i funkcji.

s. 32

Grupy funkcyjne (hydroksylowa, karbonylowa, karboksylowa, aminowa, fosforanowa i sulfhydrylowa) nadają związkowi węgla określone właściwości i determinują ich aktywność biologiczną.

s. 33

Makrocząsteczki komórki (białka, węglowodany i kwasy nukleinowe) są polimerami zbudowanymi z powtarzających się podjednostek zwanych monomerami.

s. 33

3. Węglowodany – budowa i znaczenie

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz różnice między mono-, di- i polisacharydami;
- dowiesz się, jak są zbudowane monosacharydy;
- poznasz najważniejsze polisacharydy i disacharydy;
- przeanalizujesz funkcje węglowodanów;
- prześledzisz, w jaki sposób można wykrywać węglowodany w materiale biologicznym.

Węglowodany (cukrowce, sacharydy, cukry) są zbudowane z atomów węgla, tlenu oraz wodoru, przy czym najczęściej na jeden atom węgla przypadają dwa atomy wodoru i jeden atom tlenu (określenie *węglowodan*, czyli uwodniony węgiel, wskazuje, że stosunek H:O jest taki sam, jak w wodzie, czyli 2:1). Proste węglowodany nazywamy **monosacharydami**. Połączenie dwóch monosacharydów wiązaniem kowalencyjnym to **disacharyd** (dwucukier). Polimery wielu reszt monosacharydów to **polisacharydy** (wielocukry).

monosacharydy

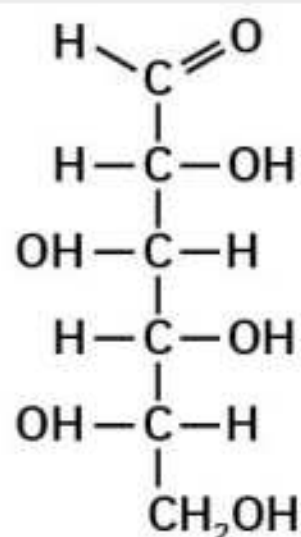


Ryc. II.3.1. Podział węglowodanów.

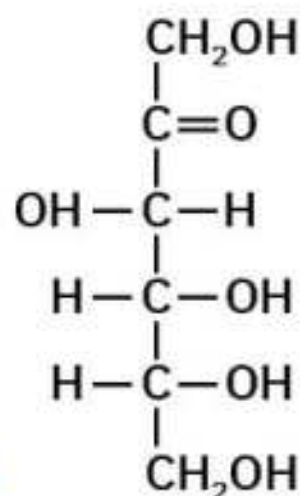
Cukry proste, czyli monosacharydy

Cukry proste stanowią paliwo energetyczne komórki oraz są składnikami materii ożywionej (np. cukier prosty deoksyryboza wchodzi w skład szkieletu DNA). Z chemicznego punktu widzenia monosacharydy to **aldehydy** lub **ketony** zawierające dwie lub więcej grup hydroksylowych ($-\text{OH}$). Szkielet węglowy cukrów prostych może być zbudowany z 3 do 7 atomów węgla. Do jednego z nich przyłączona jest grupa karbonylowa (aldehydowa lub ketonowa), a przy pozostałych znajdują się grupy $-\text{OH}$. Jeżeli grupa karbonylowa znajduje się na końcu łańcucha węglowego, to monosacharyd jest aldehydem (**aldozą**), a jeżeli w innej, dowolnej pozycji, to wtedy cukier prosty jest ketonem (**ketozą**). Rozważmy przykład dwóch powszechnie występujących monosacharydów: glukozy i fruktozy (**ryc. II.3.2.**).

Glukoza



Fruktoza

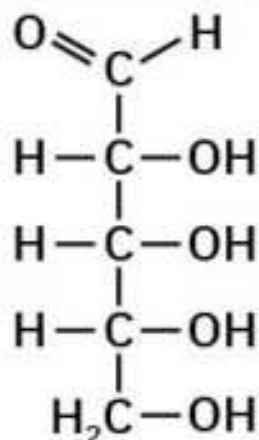


Ryc. II.3.2. Monosacharydy mogą być aldozami (glukoza) lub ketozami (fruktoza). Obydwa monosacharydy są heksozami, ponieważ zawierają sześć atomów węgla.

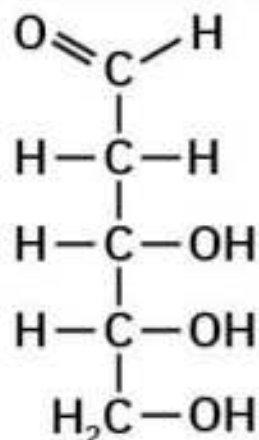
glukoza

Glukoza jest aldozą, gdyż na końcu łańcucha ma grupę aldehydową. Fruktoza to przykład ketozy, ponieważ zawiera grupę ketonową. Oba te cukry proste nazywamy **heksozami**, gdyż ich szkielet węglowy składa się z sześciu atomów węgla. Analogicznie, monosacharydy zawierające pięć atomów węgla nazywamy **pentozami** (np. **ryboza** i **deoksyryboza**), a składające się z sześciu atomów węgla heksozami: **glukoza** (aldoza), **fruktoza** (ketoza) oraz **galaktoza** (aldoza) (**ryc. II.3.3.** i **II.3.4.**).

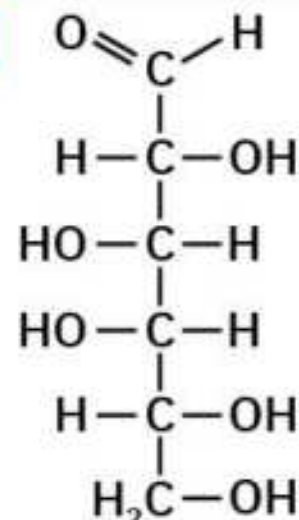
A



B



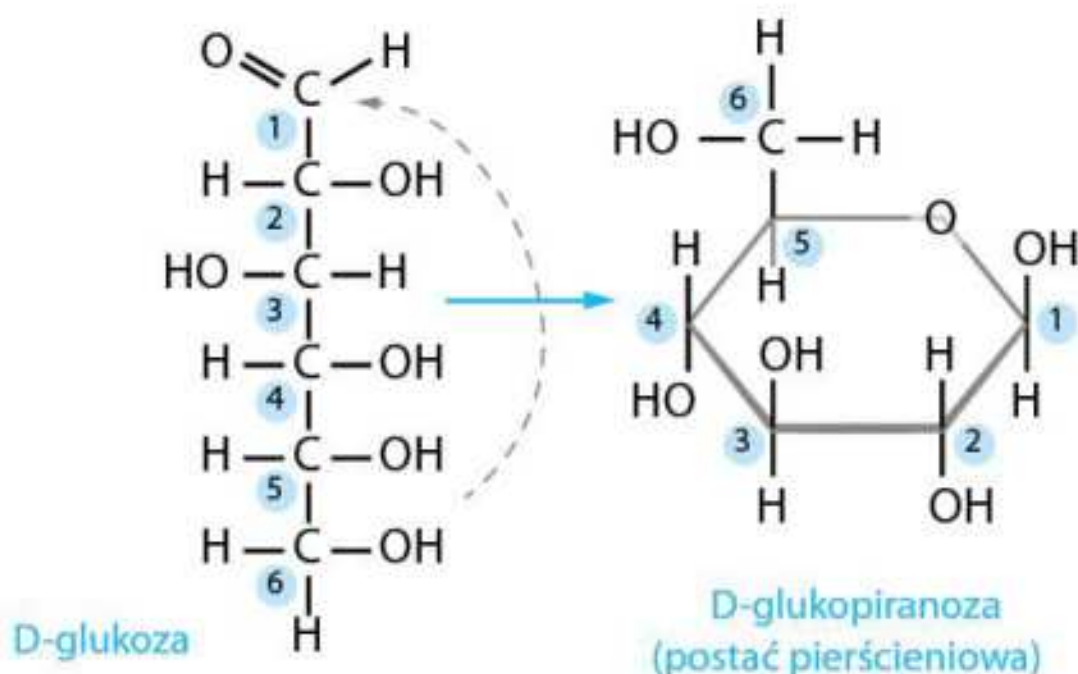
C



Ryc. II.3.3. Powszechne monosacharydy: A. ryboza, B. deoksyryboza, C. galaktoza.



Strukturę cząsteczek monosacharydów można przedstawić w postaci łańcuchowej lub w formie pierścieniowej (**ryc. II.3.4.**). W roztworach oraz w komórce otwarte struktury cukrów prostych ulegają przekształceniu w formę pierścieniową. Na przykład glukoza ma postać sześciocząłowego pierścienia (zbudowanego z pięciu atomów węgla i atomu tlenu) (**ryc. II.3.4.**).



Ryc. II.3.4. Forma pierścieniowa i łańcuchowa glukozy.

■ Funkcje cukrów prostych

Pięciowęglowa **ryboza** jest aldozą i stanowi składnik szkieletu kwasu rybonukleinowego (RNA). Pozbawiona jednej grupy –OH **deoksyryboza** wchodzi w skład DNA. **Glukoza** zwana cukrem gronowym to podstawowe źródło energii dla praktycznie wszystkich organizmów. Jest najważniejszym monosacharydem, ponieważ stanowi surowiec do wytworzenia większości innych cukrów (di- i polisacharydów). **Fruktoza** wchodzi w skład sacharozy. W stanie wolnym występuje w dużych ilościach w miodzie i w owocach, a także powszechnie stosuje się ją jako słodzik, a w komórkach przekształca się w pochodne glukozy. Glukoza i fruktoza mają ten sam wzór sumaryczny, ale inną strukturę, dlatego mówimy, że są one izomerami strukturalnymi. Różnica w budowie przekłada się m.in. na ich smak – fruktoza jest słodsza od glukozy. Warto zauważyć, że coraz częściej diagnozuje się tzw. **nietolerancję fruktozy**. Osoby z tym schorzeniem (fruktozemią) muszą stosować dietę eliminującą fruktozę z pokarmów.

Galaktoza razem z glukozą to składnik laktozy występującej w mleku. Wchodzi w skład polisacharydów oraz jest związana z lipidami (w tzw. glikolipidach).

Disacharydy – budowa i funkcje

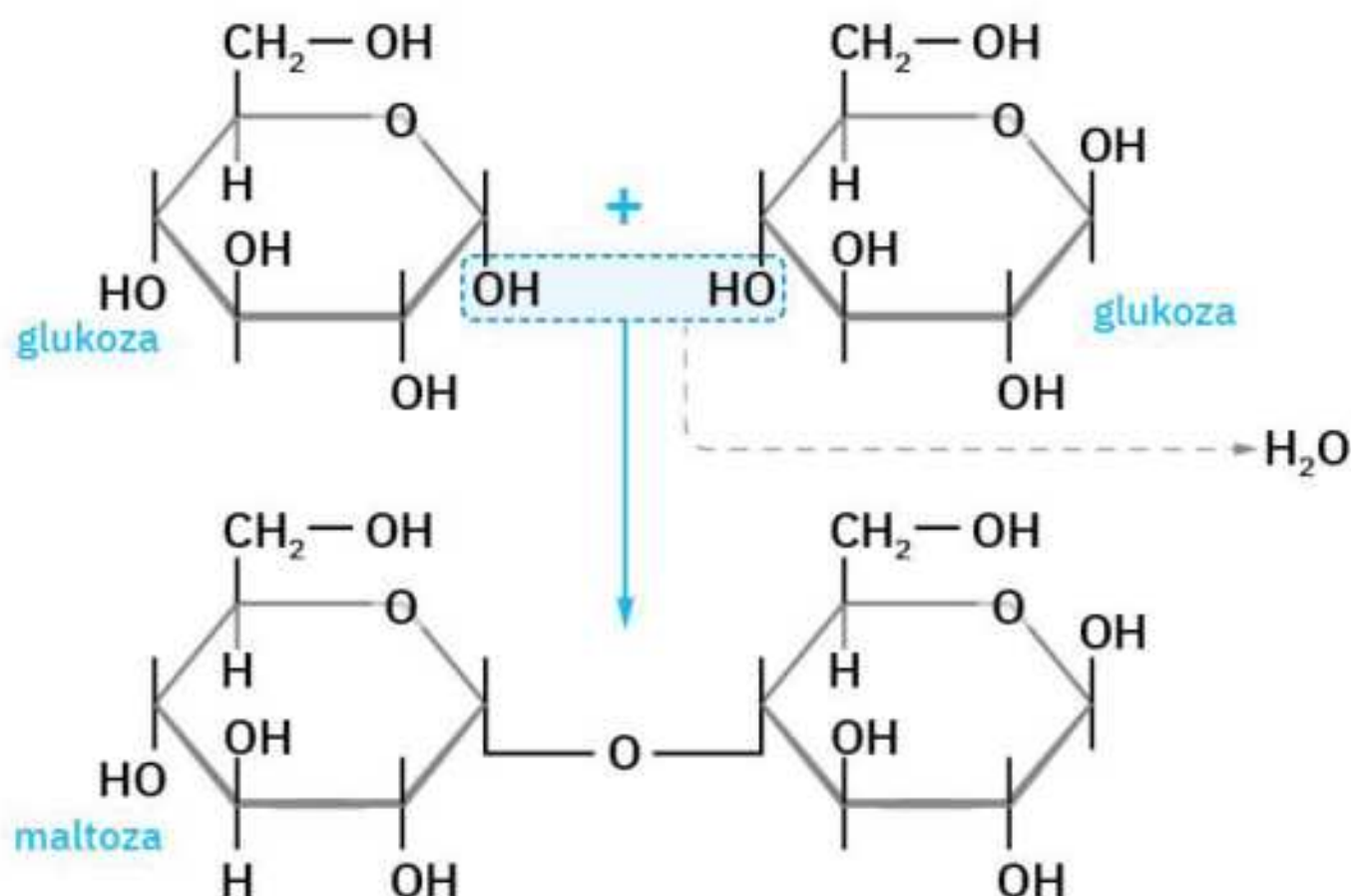
Disacharydy (dwucukry) stanowią połączenie dwóch reszt pierścieniowych form cukrów prostych za pomocą **wiązania glikozydowego**. W tego typu wiązaniu centralnie umieszczony atom tlenu łączy się wiązaniami kowalencyjnymi z atomami

funkcje
węglowodanów

disacharydy

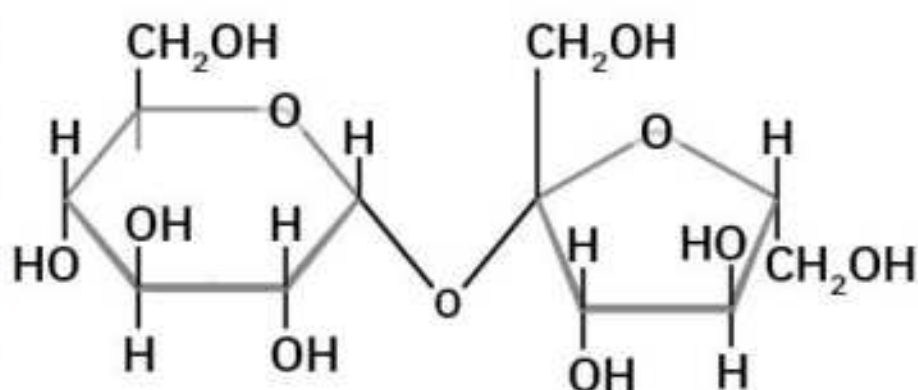


węgla dwóch reszt monosacharydów. Wiązania glikozydowe w disacharydach ulegają hydrolizie i z dwucukrów powstają monocukry (**ryc. II.3.5.**).



Ryc. II.3.5. Disacharydy powstają w wyniku łączenia się dwóch monosacharydów. Wiązanie łączące reszty cukrów prostych to wiązanie glikozydowe.

Powszechnie występującymi disacharydami są sacharoza, maltoza oraz laktoza. **Sacharoza** to zasadniczy składnik cukru spożywczego otrzymywanego na skalę przemysłową z trzciny cukrowej lub buraków cukrowych. W cząsteczce sacharozy wiązanie glikozydowe łączy glukozę i fruktozę. U roślin jest formą transportową cukrów.

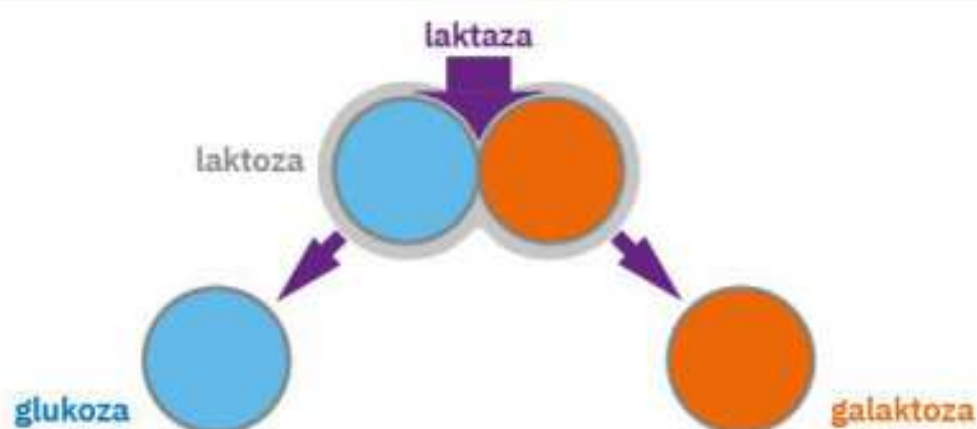


Ryc. II.3.6. Sacharoza jest zbudowana z reszt glukozy i fruktozy połączonych wiązaniem glikozydowym.

Laktoza to dwucukier występujący w mleku. Składa się z glukozy i galaktozy. Dwucukier ten otrzymuje się z serwatki podczas produkcji sera. Szeroko stosuje się go



jako wypełniacz w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym. Mleko ludzkie zawiera od 5,5 do 7,5% laktozy, podczas gdy krowie mniej – do 4,9%. Laktoza odgrywa ważną rolę u niemowląt, ponieważ jest źródłem pożywnych cukrów prostych. Niektóre osoby nie potrafią trawić laktozy. Wynika to z niedoboru lub braku **laktazy** – enzymu rozkładającego laktozę (**ryc. II.3.7.**). Osoby te cierpią na zespół zaburzeń jelitowo-żołądkowych określanych jako **nietolerancja laktozy**. U tych osób laktoza nie jest wchłaniana w jelicie cienkim, tylko przechodzi do jelita grubego i tam ulega fermentacji przez bakterie. W wyniku tego procesu pojawiają się dolegliwości żołądkowo-jelitowe, m.in. wzdęcia, gazy czy biegunka.



Ryc. II.3.7. U ludzi z nietolerancją laktozy brakuje laktazy – enzymu rozkładającego ten dwucukier do glukozy i galaktozy.

Maltozę (**ryc. II.3.5.**) budują dwie, połączone wiązaniem glikozydowym, reszty glukozy. Maltoza powstaje w wyniku hydrolizy polisacharydów, takich jak skrobia czy glikogen. Jest składnikiem syropu kukurydzianego oraz słodu – zbożowego surowca wykorzystywanego m.in. do produkcji piwa.

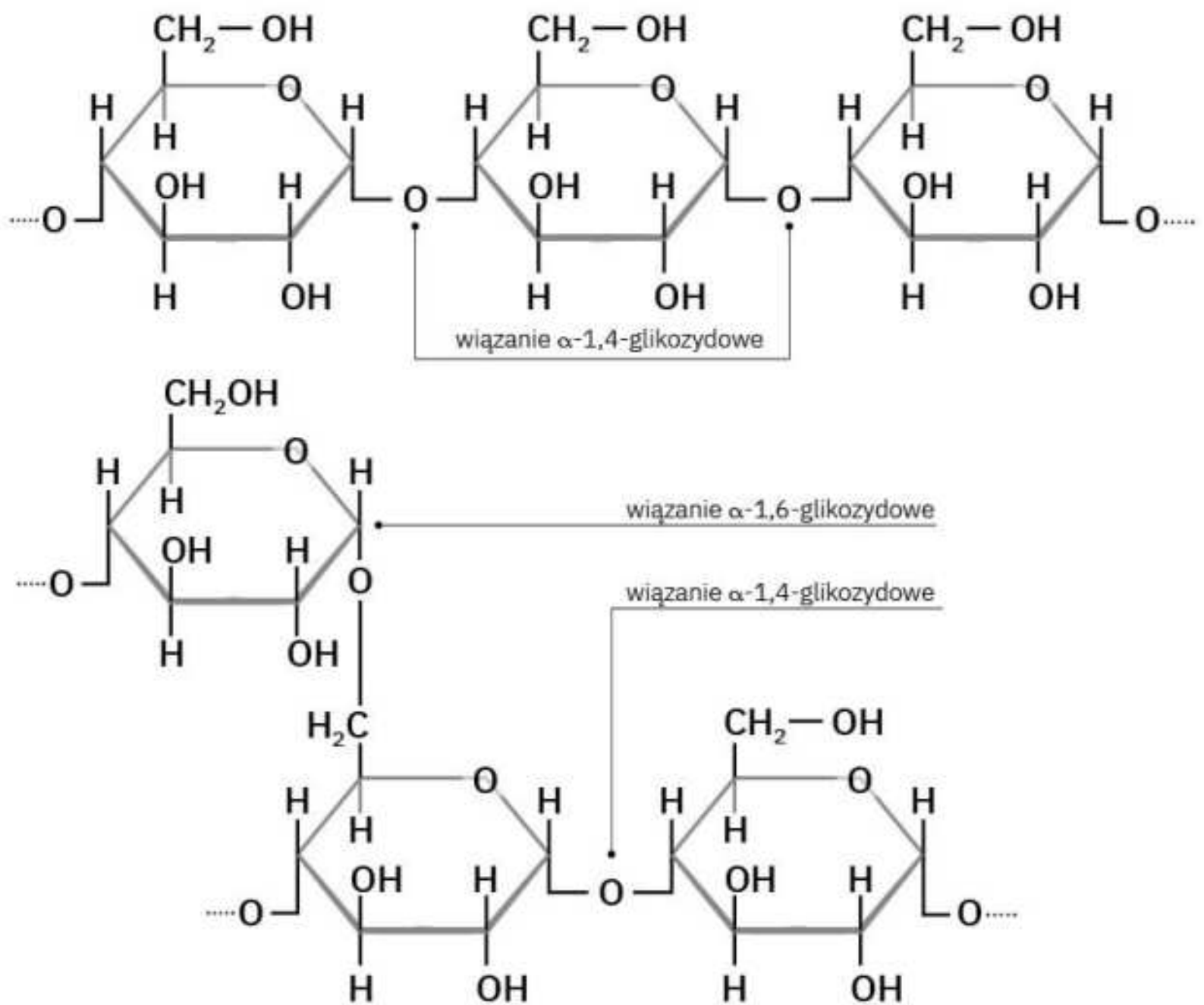
Polisacharydy – polimery cukrów prostych

Polisacharydy (wielocukry) stanowią połączenia wielu (nawet tysięcy) reszt cukrów prostych (tych samych lub różnych). Są najbardziej rozpowszechnionymi węglowodanami w przyrodzie. Do polisacharydów zaliczamy m.in. skrobię, glikogen, celulozę (**polimery glukozy**) czy chitynę (polimer acetyloglucozamininy).

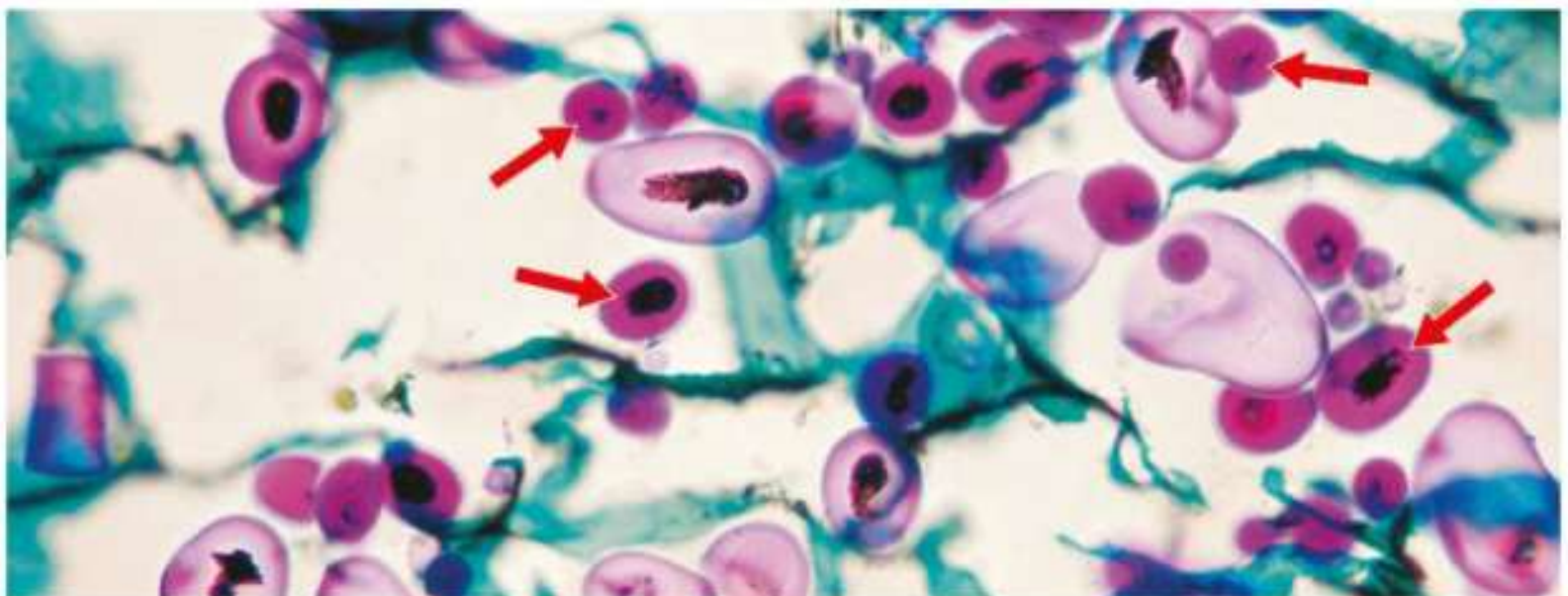
polisacharydy

polimer glukozy

Skrobia jest zbudowana z cząsteczek glukozy połączonych wiązaniami glikozydowymi. To typowy polisacharyd zapasowy u roślin. Występuje w dwóch postaciach – amylozy i amylopektyny (**ryc. II.3.8.**). W amylozie reszty glukozy (od 300 do 1000) łączą się w proste łańcuchy. W amylopektynie pomiędzy resztami glukozy występuje dodatkowo wiązanie glikozydowe, które powoduje, że cząsteczka się rozgałęzia. Na amylopektynę przypada ok. 1000 reszt glukozy, a udział tej formy skrobi jest znacznie większy niż amylozy (ok. 80–85%). Skrobia gromadzi się w postaci ziaren w nasionach (np. zbóż) lub w bulwach (np. ziemniaki, **ryc. II.3.9.**). W sytuacji zapotrzebowania na energię cząsteczki skrobi są hydrolizowane do glukozy. W organizmie człowieka występują enzymy (amylazy) rozkładające wiązania glikozydowe 1,4 w amylozie i 1,6 w amylopektynie (**ryc. II.3.8.**).



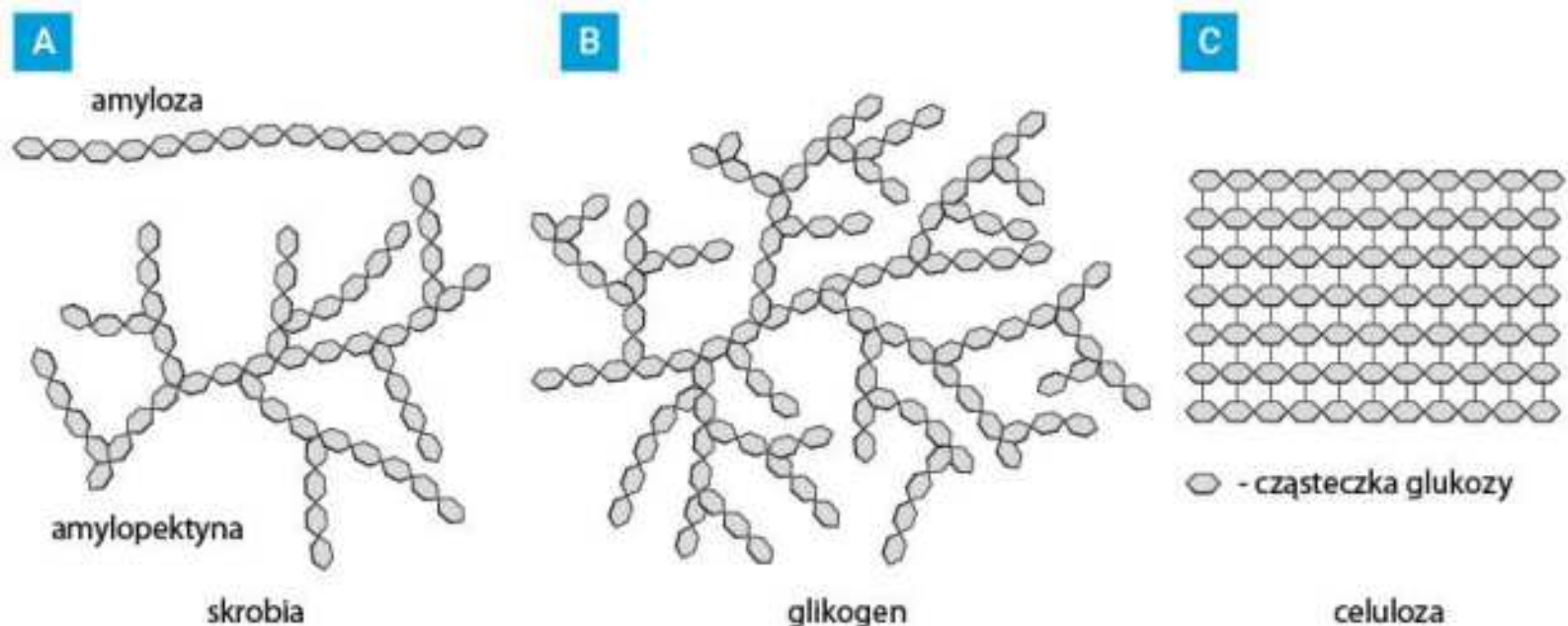
Ryc. II.3.8. Budowa skrobi. Skrobia jest polimerem glukozy i składa się z dwóch form: amylozy (proste łańcuchy) i amylopektyny (rozgałęzione).



Ryc. II.3.9. Zdjęcie preparatu mikroskopowego z widocznymi ziarnami skrobi w komórkach mięsistych bulwy ziemniaka.

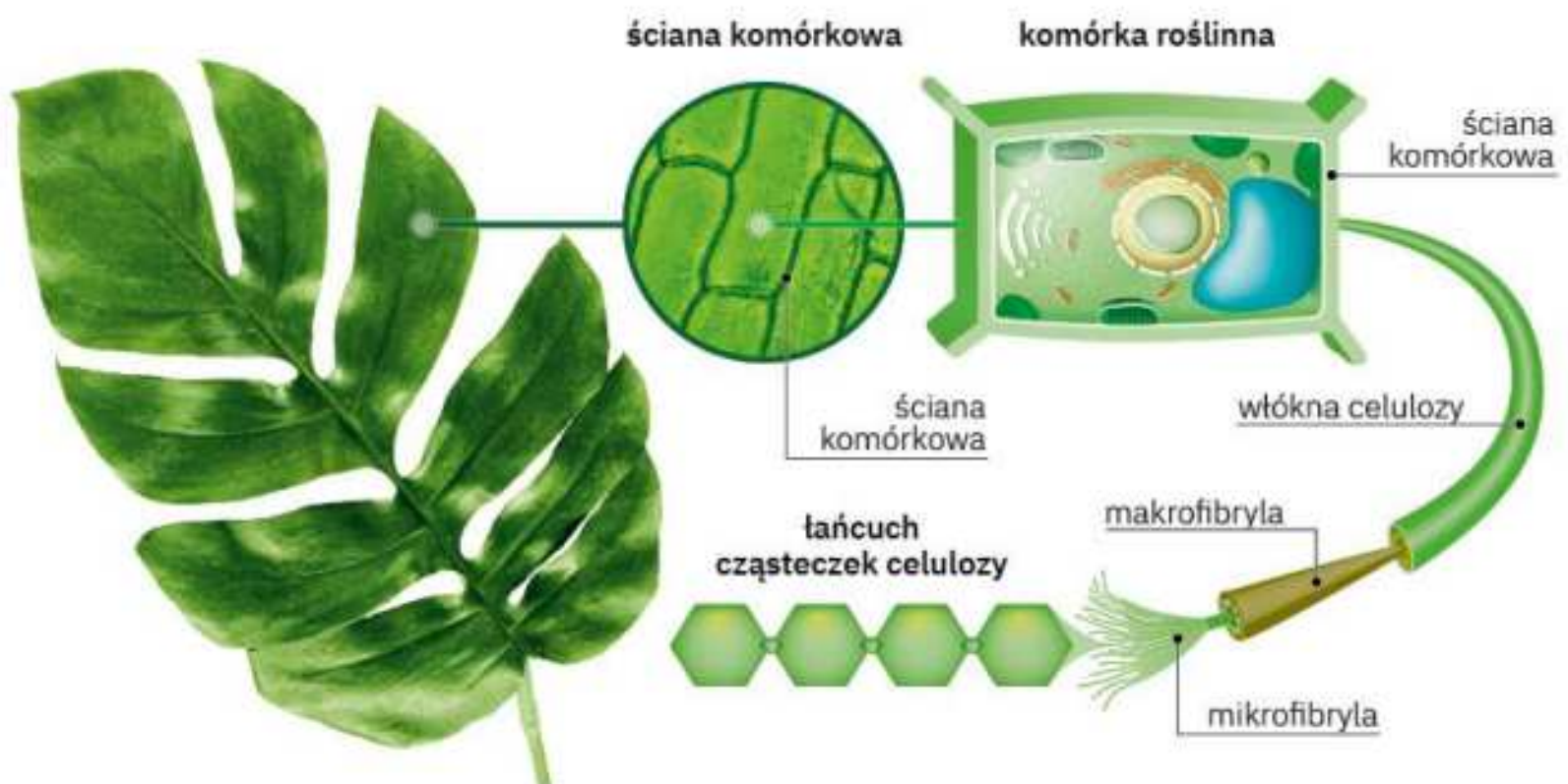


Glikogen to zapasowy polisacharyd zwierzęcy, szczególnie obficie występujący w wątrobie i mięśniach szkieletowych. Zbudowany z reszt glukozy (nawet do 60 000 w mięśniach), swoją strukturą przypomina amylopektynę skrobi, lecz jego cząsteczki są bardziej rozgałęzione (**ryc. II.3.10.**).



Ryc. II.3.10. Porównanie budowy: A. skrobi, B. glikogenu, C. celulozy.

Celuloza to najbardziej rozpowszechniony roślinny polisacharyd na kuli ziemskiej (50% węgla biomasy jest zlokalizowane w celulozie). Jest zbudowana z reszt glukozy (ok. 10 000) połączonych wiązaniami glikozydowymi, tworzącymi długie łańcuchy ułożone jeden przy drugim w bardzo regularny sposób i dodatkowo stabilizowane wiązaniami wodorowymi (**ryc. II.3.11.**).



Ryc. II.3.11. Budowa celulozy w ścianie komórkowej roślin.



Ryc. II.3.12. Produkty bogate w błonnik.

Organizm człowieka nie posiada enzymów mogących trawić wiązanie β -glikozydowe występujące w celulozie, w związku z tym nie jest ona wykorzystywana jako pokarm i źródło energii. Jednak obecność celulozy w pożywieniu ma kluczowe znaczenie dla funkcjonowania układu pokarmowego. Celuloza stanowi główny składnik **błonnika pokarmowego**, który nadaje treści pokarmowej odpowiednią konsystencję, ułatwia jej przesuwanie się i trawienie. Błonnik reguluje perystaltykę jelit, wpływając także na bardziej sprawne usuwanie trójglicerydów oraz toksyn. W skład błonnika oprócz celulozy wchodzi także hemicelulozy, ligniny, pektyny, gumy i śluzy. Źródłem błonnika pokarmowego są m.in. warzywa, owoce i produkty zbożowe (ryc. II.3.12.).

Zdolność rozkładania celulozy mają niektóre mikroorganizmy w żołądkach przeżuwaczy. Dzięki ich obecności w żołądku np. krów czy owiec, celuloza jest trawiona i stanowi źródło glukozy dla tych trawożernych zwierząt. Odżywiające się drewnem termyty również mają w swoim układzie pokarmowym bakterie trawiące celulozę.

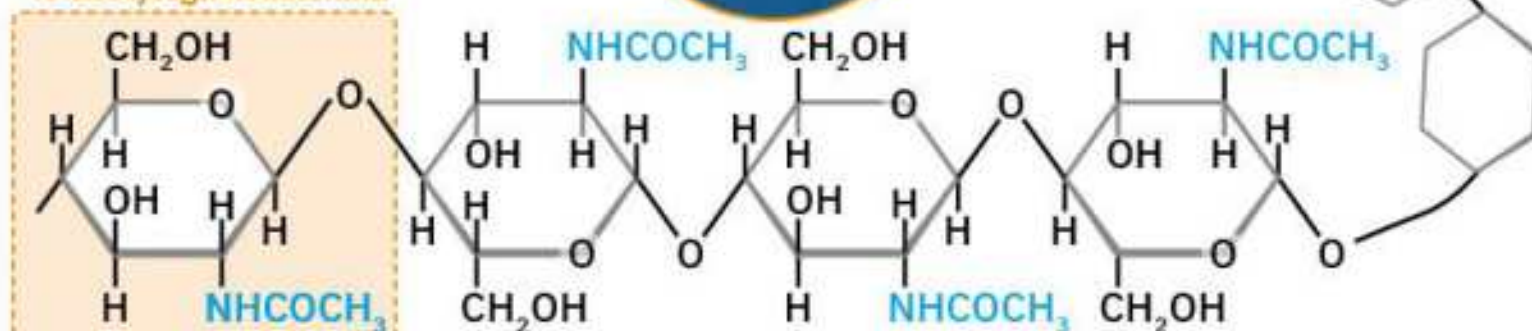
Pochodne polisacharydów

Polisacharydy i ich pochodne należą do bardzo ważnych cząsteczek biologicznych. Na przykład w wyniku zastąpienia jednej z grup $-OH$ w cząsteczce cukru grupą aminową ($-NH_2$) powstaje aminocukier. Przykładem aminocukrów są glukozoamina czy galaktozoamina. Pochodne glukozoaminy wchodzi w skład tzw. **mukopolisacharydów**, np. heparyny czy kwasu hialuronowego. Galaktozoamina jest z kolei składnikiem chrząstki zwierząt. Reszty *N*-acetylglukozoaminy (ryc. II.3.13.) to połączone wiązaniem glikozydowym monomery **chityny**. Tworzy ona bardzo twarde struktury, które budują pancerze owadów i innych stawonogów (ryc. II.3.13.). Wchodzi także w skład ścian komórkowej grzybów.

Ryc. II.3.13. Chityna jest zbudowana z reszt *N*-acetylglukozoaminy i jest ważnym składnikiem szkieletu zewnętrznego stawonogów.



N-acetylglukozoamina





Obserwacja



1. Obserwacja ziaren skrobi w materiale biologicznym

Wprowadzenie: Bulwy to organy spichrzowe ziemniaka. W ich komórkach gromadzi się skrobia.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: Na szkiełko podstawowe nakrop odrobinę wody i dodaj kroplę soku z ziemniaka. Nakryj preparat szkiełkiem nakrywkowym i przeprowadź obserwację ziaren skrobi o różnej wielkości i kształcie.

Opracowanie wyników: Wykonaj schematyczny rysunek ziaren skrobi.

Wnioski: Sformułuj wniosek.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Czy ziarna skrobi innych gatunków roślin mają taką samą strukturę, jak ziarna skrobi ziemniaka?

2. Obserwacja włókien celulozowych

Wprowadzenie: Papier zbudowany jest z włókien celulozowych. Samodzielnie przygotuj preparaty mikroskopowe różnych rodzajów papieru (m.in. bibuła, papier zeszytowy, opakowaniowy).

Dokonaj obserwacji poszczególnych preparatów, porównaj je, a wnioski zapisz do zeszytu.

Do obserwacji struktury włókien celulozowych możesz także wykorzystać preparaty trwałe, m.in. włókna bawełny i lnu.

Eksperyment



1. Wykrywanie skrobi w produktach spożywczych

Wprowadzenie: Reakcja z płynem Lugola jest reakcją charakterystyczną na wykrywanie skrobi. Podstawą naszego żywienia są produkty skrobiowe.

Problem badawczy: Czy wszystkie produkty spożywcze zawierają skrobię?

Hipoteza badawcza: Wszystkie produkty spożywcze zawierają skrobię.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia:

Część 1. W trzech probówkach umieść kolejno: 2 ml roztworu skrobi, 2 ml roztworu glukozy i 2 ml wody. Do każdej z nich dodaj po 2–3 krople płynu Lugola. Obserwuj zmianę zabarwienia.

Część 2. Na szklanych podstawkach umieść następujące produkty: makaron, kawałek chleba, ryż, ser żółty, mleko i cukier. Na wymienione produkty nanieś po 3–4 krople płynu Lugola. Obserwuj zmianę zabarwienia.



Eksperyment

Opracowanie wyników: Przerysuj poniższą tabelę do zeszytu i ją uzupełnij.

Produkt	Wynik doświadczenia po dodaniu płynu Lugola
Część I	
roztwór skrobi	...
roztwór glukozy	...
woda	...
Część II	
makaron	...
chleb	...
ryż	...
ser żółty	...
mleko	...
cukier	...

Wnioski: Sformułuj wnioski z doświadczenia.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Czy węglowodany inne niż skrobia (np. celulozę, sacharozę, glukozę) można wykryć, przeprowadzając reakcję z płynem Lugola?

2. Właściwości błonnika pokarmowego

Wprowadzenie: Błonnik to mieszanka celulozy, lignin, pektyn i hemiceluloz. Błonnik nie jest trawiony w organizmie człowieka, ale dzięki swoim właściwościom usprawnia pracę jelit. Wiąże on znaczne ilości wody, przez co przybiera galaretowatą strukturę.

Problem badawczy: Czy błonnik pokarmowy może wiązać wodę?

Hipoteza badawcza: Błonnik pokarmowy wiąże znaczne ilości wody.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: 10 g błonnika w proszku (np. z babki płesznik) umieść w czterech zlewkach (o pojemności 250 ml). Do pierwszej zlewki dodaj 25 ml wody, do drugiej 50 ml, do trzeciej 100 ml, a do czwartej 150 ml.

Opracowanie wyników: Sporządź krótką notatkę, zapisując odpowiedzi na poniższe pytania:

- Jakie objętości wody wchłania błonnik?
- Czy błonnik rozpuścił się w wodzie?
- Jaką strukturę przyjął błonnik?

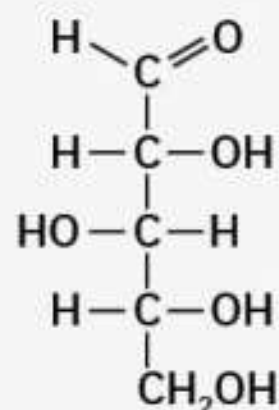
Wnioski: Sformułuj wniosek.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Jakie znaczenie dla procesu trawienia ma struktura „uwodnionego” błonnika? Jakie znaczenie dla osób stosujących dietę bogatą w błonnik ma picie dużych ilości wody?



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Sporządź grafikę obrazującą podział węglowodanów. Uwzględnij przykłady związków należących do każdej z grup.
2. Wymień najważniejsze funkcje węglowodanów.
3. Wzór przedstawia występującą w ziarnach zbóż i owoców ksylozę. Po jego analizie wskaż prawidłową odpowiedź i dokończ zdanie w zeszycie:
 - a) Ksyloza jest pentozą/heksozą, ponieważ ...
 - b) Ksyloza należy do aldoz/ketoz, ponieważ ...



4. Osoby z nietolerancją fruktozy muszą stosować dietę wykluczającą fruktozę. W poniższej tabeli podano przykłady di- i polisacharydów. Czy osoby zmagające się z tym schorzeniem mogą uwzględniać je w swojej diecie? Dlaczego? Przerysuj do zeszytu tabelę i uzupełnij ją, wpisując TAK lub NIE w prawej kolumnie.

Węglowodan	Czy może być stosowany w nietolerancji fruktozy? TAK/NIE
sacharoza	...
skrobia	...
laktoza	...

5. Podaj podobieństwa i różnice w budowie skrobi i glikogenu.
6. Wyjaśnij rolę błonnika pokarmowego w układzie pokarmowym człowieka.
7. Sporządź listę produktów bez laktozy sprzedawanych w sklepie, w którym najczęściej robisz zakupy. Wyjaśnij, do kogo i dlaczego jest skierowana oferta produktów niezawierających laktozy.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Węglowodany pełnią **funkcje** zapasowe (skrobia, glikogen), budulcowe (celuloza, chityna) oraz strukturalne (np. ryboza i deoksyryboza wchodzą w skład RNA i DNA).

s. 37

Węglowodany składają się z jednej (**monosacharydy**), dwóch (**disacharydy**) lub wielu (**polisacharydy**) reszt cukrowych.

s. 35

Monosacharydy to aldehydy lub ketony zawierające dwie lub więcej grup hydroksylowych.

s. 36

Do monosacharydów zaliczamy glukozę, fruktozę, galaktozę, rybozę i deoksyrybozę. **Glukoza** jest podstawowym paliwem energetycznym komórki.

s. 36

Disacharydy są zbudowane z dwóch reszt cukrowych połączonych wiązaniem glikozydowym. Do najważniejszych disacharydów zaliczamy: sacharozę (połączenie reszt glukozy i fruktozy), maltozę (połączenie dwóch reszt glukozy) i laktozę (połączenie reszty glukozy i galaktozy).

s. 37

Większość węglowodanów stanowią **polisacharydy**, które są zbudowane z wielu reszt cukrów prostych.

s. 39

Skrobia, glikogen i celuloza to **polimery glukozy** o odmiennej strukturze i właściwościach.

s. 39



4. Lipidy – budowa i znaczenie biologiczne

NA TEJ LEKCJI:

- zrozumiesz, jaką rolę odgrywają tłuszcze w organizmie;
- poznasz triacyloglicerole i ich funkcje;
- dowiesz się, czym się różnią tłuszcze proste od złożonych i związków tłuszczopodobnych;
- dowiesz się, czym się różnią nasycone i nienasycone kwasy tłuszczowe;
- zdobędziesz informacje o fosfolipidach jako związkach amfipatycznych;
- poznasz budowę i znaczenie cholesterolu.

Podział i funkcje lipidów

Lipidy (tłuszcze) obejmują związki o różnym charakterze chemicznym, które nie rozpuszczają się w wodzie, ale w rozpuszczalnikach organicznych (np. w chloroformie, acetonie). Do grupy tej zaliczamy m.in. **lipidy proste**, **lipidy złożone** oraz **steroidy**.

funkcje lipidów

Tłuszcze są obecne w produktach pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. Stanowią niezbędny składnik diety człowieka ze względu na funkcje, jakie pełnią:

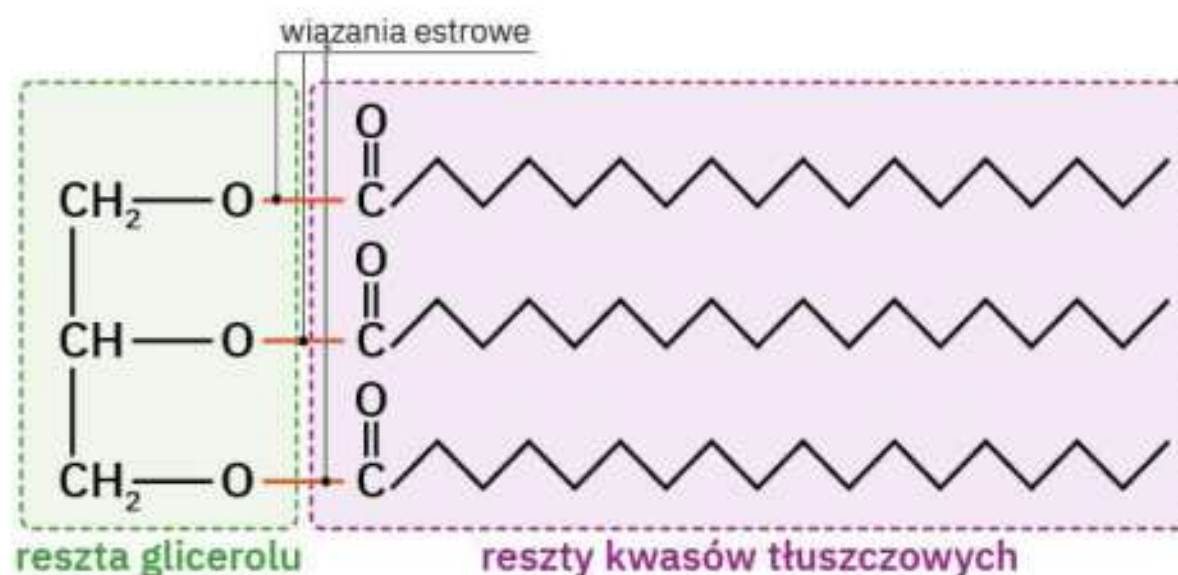
- a) Stanowią wydajny materiał energetyczny (spalenie 1 g tłuszczu dostarcza ponad dwa razy więcej energii niż 1 g glikogenu; **ryc. II.4.1.**).
- b) Są składnikami błon komórkowych (np. cholesterol u człowieka i zwierząt, fosfolipidy u roślin).
- c) Są źródłem i rozpuszczalnikiem wielu niezbędnych substancji (np. witamin A, D, E i K czy niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych; NNKT).
- d) Pełnią funkcję hormonów i biorą udział w ich syntezie.
- e) Są substratami do syntezy kwasów żółciowych oraz witaminy D.
- f) Jako składnik zapasowej tkanki tłuszczowej pełnią funkcję ochronną oraz termoizolacyjną, zabezpieczając organizm przed utratą ciepła.



Ryc. II.4.1. Siewka złotawa dzięki zmagazynowanym zapasom tłuszczu jest w stanie przelecieć ponad 3500 km bez pożywienia nad otwartym oceanem.



Do **lipidów prostych** zaliczamy tzw. **tłuszcze właściwe**, czyli triacyloglicerole (trójglicerydy). To estry glicerolu oraz wyższych kwasów tłuszczowych (**ryc. II.4.2.**). Glicerol jest alkoholem z trzema grupami hydroksylowymi ($-OH$), a kwas tłuszczowy to długi, nierozgałęziony węglowodór zawierający grupę karboksylową ($-COOH$). Częsteczka triacyloglicerolu powstaje w wyniku trzech kolejnych reakcji kondensacji pomiędzy grupą hydroksylową a karboksylową, w czasie których wydzielą się także cząsteczka wody. Powstałe wiązanie kowalencyjne nazywamy **wiązaniem estrowym** (**ryc. II.4.2.**). Triacyloglicerole pełnią funkcje zapasowe.



Ryc. II.4.2. Synteza i struktura triacyloglicerolu. Do glicerolu za pomocą wiązań estrowych są przyłączone trzy reszty kwasów tłuszczowych.

Kwasy tłuszczowe wchodzące w skład tłuszczów dzielimy na nasycone i nienasycone.

Nasycone kwasy tłuszczowe zawierają od 4 do 26 atomów węgla w cząsteczce (oznaczane na tej podstawie jako C4–C26). Najczęściej spotyka się kwasy tłuszczowe o długich łańcuchach węglowodorowych (zawycząj od 14 do 24 atomów węgla). Najbardziej rozpowszechnione są kwas palmitynowy (C16) i kwas stearynowy (C18; **tab.II.4.1.**). Kwasy o mniejszej liczbie atomów węgla w cząsteczce (> 12) występują w tłuszczu mleka ssaków.

Kwasy tłuszczowe nienasycone mają w cząsteczce jedno lub kilka wiązań podwójnych (nienasyconych; **tab.II.4.1.**). Najbardziej rozpowszechnione są nienasycone kwasy osiemnastowęglowe:

- **kwas oleinowy**, z jednym wiązaniem podwójnym; występuje zarówno w tłuszczach pochodzenia roślinnego (np. w oliwie z oliwek), jak i zwierzęcych (np. łój wołowy czy barani);
- **kwas linolowy** o dwóch wiązaniach podwójnych;
- **kwas linolenowy**, w którego cząsteczce występują trzy wiązania podwójne. W **tabeli II.4.1.** przedstawiono wybrane nasycone i nienasycone kwasy tłuszczowe.

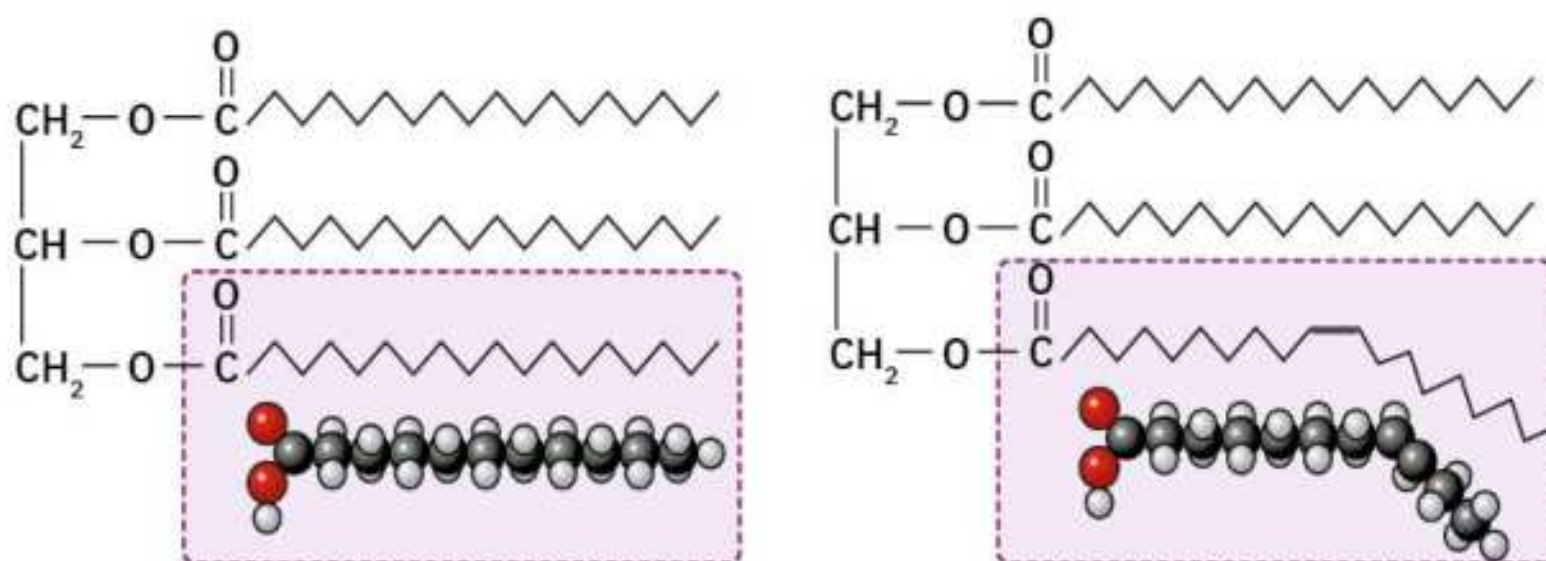
Tab. II.4.1. Wybrane kwasy tłuszczowe nasycone i nienasycone występujące w tłuszczach

Nazwa kwasu	Liczba atomów węgla w cząsteczce	Wzór	Występowanie
KWASY TŁUSZCZOWE NASYCONY			
palmitynowy	16	$C_{15}H_{31}COOH$	tłuszcze roślinne i zwierzęce
stearynowy	18	$C_{17}H_{35}COOH$	tłuszcze roślinne i zwierzęce
arachidowy	20	$C_{19}H_{39}COOH$	olej z orzeszków ziemnych
KWASY TŁUSZCZOWE NIENASYCONE			
oleinowy	18	$C_{17}H_{33}COOH$	tłuszcze roślinne i zwierzęce
linolowy*	18	$C_{17}H_{31}COOH$	oleje roślinne
linolenowy*	18	$C_{17}H_{29}COOH$	olej lniany
arachidonowy*	20	$C_{19}H_{31}COOH$	tłuszcze zwierzęce

*Kwasy tłuszczowe należące do **niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych** (NNKT), których organizm nie potrafi syntetyzować i które muszą być dostarczane wraz z pożywieniem.

W cząsteczkach kwasów tłuszczowych węgiel grupy karboksylowej oznaczamy jako α (alfa), a ostatni węgiel jako ω (omega). **Kwasy szeregu ω -3 (OMEGA-3)** to nienasycone kwasy tłuszczowe, których ostatnie wiązanie podwójne znajduje się przy trzecim atomie węgla, licząc od ω . Przykładem kwasów OMEGA-3 są kwas linolenowy (zawarty w olejach roślinnych) oraz kwasy eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA) zawarte w tłuszczu ryb i w owocach morza. Kwasy OMEGA-3 są niezbędnym składnikiem diety człowieka, gdyż stanowią produkty wyjściowe do syntezy hormonów. Ich spożycie związane jest także z profilaktyką chorób sercowo-naczyniowych.

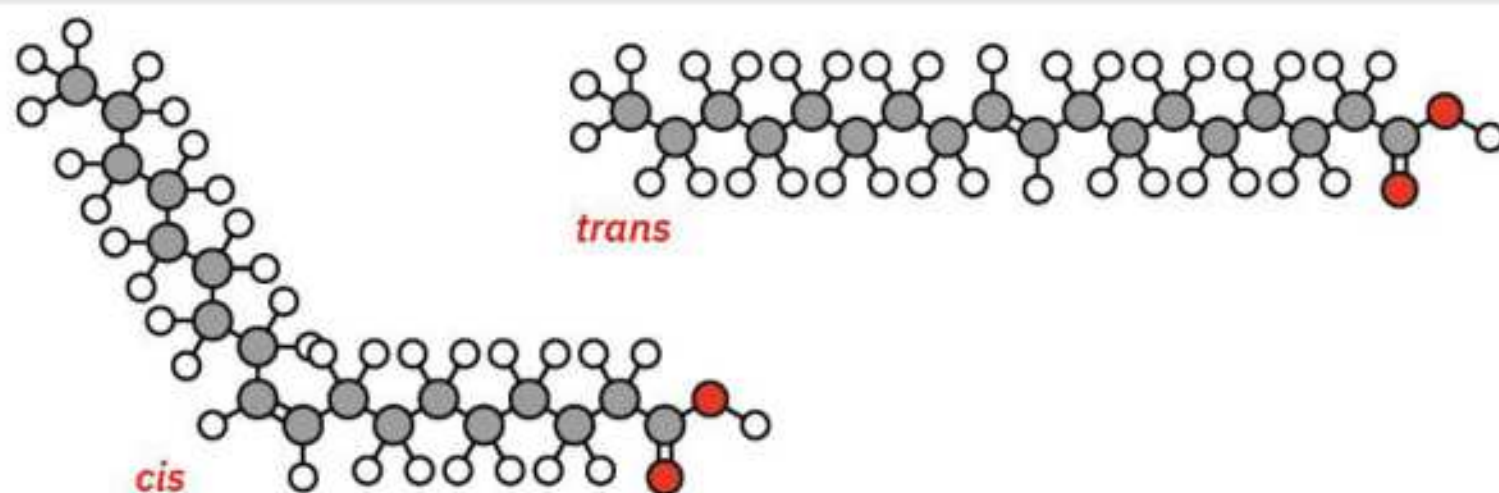
Kwasy nienasycone dominują w tłuszczach pochodzenia roślinnego. Nadają im postać płynną i przez to są nazywane **olejami**. W odróżnieniu od nich **tłuszcze stałe** zawierają głównie kwasy tłuszczowe nasycone (ryc. II.4.3.).



Ryc. II.4.3. Przykłady nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wiązanie podwójne powoduje charakterystyczne wygięcie cząsteczki kwasu nienasyconego.



Podwójne wiązania w kwasach tłuszczowych nadają im specyficzne cechy. W miejscach każdego podwójnego wiązania łańcuch węglowodorowy się wygina, co osłabia oddziaływania w cząsteczce. Ponadto w miejscach nienasylenia łatwo mogą się przyłączać np. atomy wodoru. **Uwodornienie**, zwane utwardzaniem tłuszczu, wykorzystuje się do przeróbki tłuszczów roślinnych na stałe, np. przy produkcji margaryn czy masła orzechowego. W wyniku reakcji uwodornienia kwasy nienasycone przechodzą w nasycone (katalizatorem reakcji może być nikiel, miedź, chrom, pallad). Dodatkowo w czasie tego procesu wytwarzają się izomery trans kwasów nienasyconych (ich naturalną formą jest konformacja *cis*; **ryc. II.4.4.**). Typ izomeru geometrycznego, w jakim występują nienasycone kwasy tłuszczowe, zależy od ustawienia atomów lub grup wokół osi wiązania podwójnego. Jeśli łańcuchy węglowe znajdują się po tej samej stronie wiązania, to wiązanie ma konfigurację *cis*, a jeśli po przeciwnych stronach – to jest to konfiguracja *trans* (**ryc. II.4.4.**).



Ryc. II.4.4. Izomery *cis* i *trans* kwasu oleinowego. Izomery *trans* kwasów tłuszczowych nienasyconych mają kształt liniowy.

Tłuszcze uwodornione i tłuszcze *trans* wpływają niekorzystnie na nasze zdrowie, gdyż mogą zwiększać ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych. Szczególnie bogate w tłuszcze *trans* są ciastka, chipsy i inna żywność przetworzona. Od kilku lat na opakowaniach produktów spożywczych możemy znaleźć informację o zawartości tłuszczów nasyconych (**ryc. II.4.5.**).

Ryc. II.4.5. Przykładowa etykieta produktu spożywczego zawiera informację o zawartości tłuszczu z wyszczególnieniem tłuszczów nasyconych.

Srednia wartość odżywcza po przyrządzeniu	W 100 ml	W 1 porcji 75 ml	%RWS* w 1 porcji
Wartość energetyczna	151 kJ 36 kcal	114 kJ 27 kcal	1%
Tłuszcz	0,9 g	0,7 g	1%
W tym kwasy tłuszczowe nasycone	0,6 g	0,5 g	3%
Węglowodany	5,9 g	4,4 g	2%
W tym cukry	1,3 g	1,0 g	1%
Błonnik	0,2 g	0,2 g	—
Białko	0,9 g	0,7 g	1%
Sól	1,3 g	1,0 g	17%

*Referencyjna wartość spożycia dla przeciętnej osoby dorosłej (8400 kJ/2000 kcal)

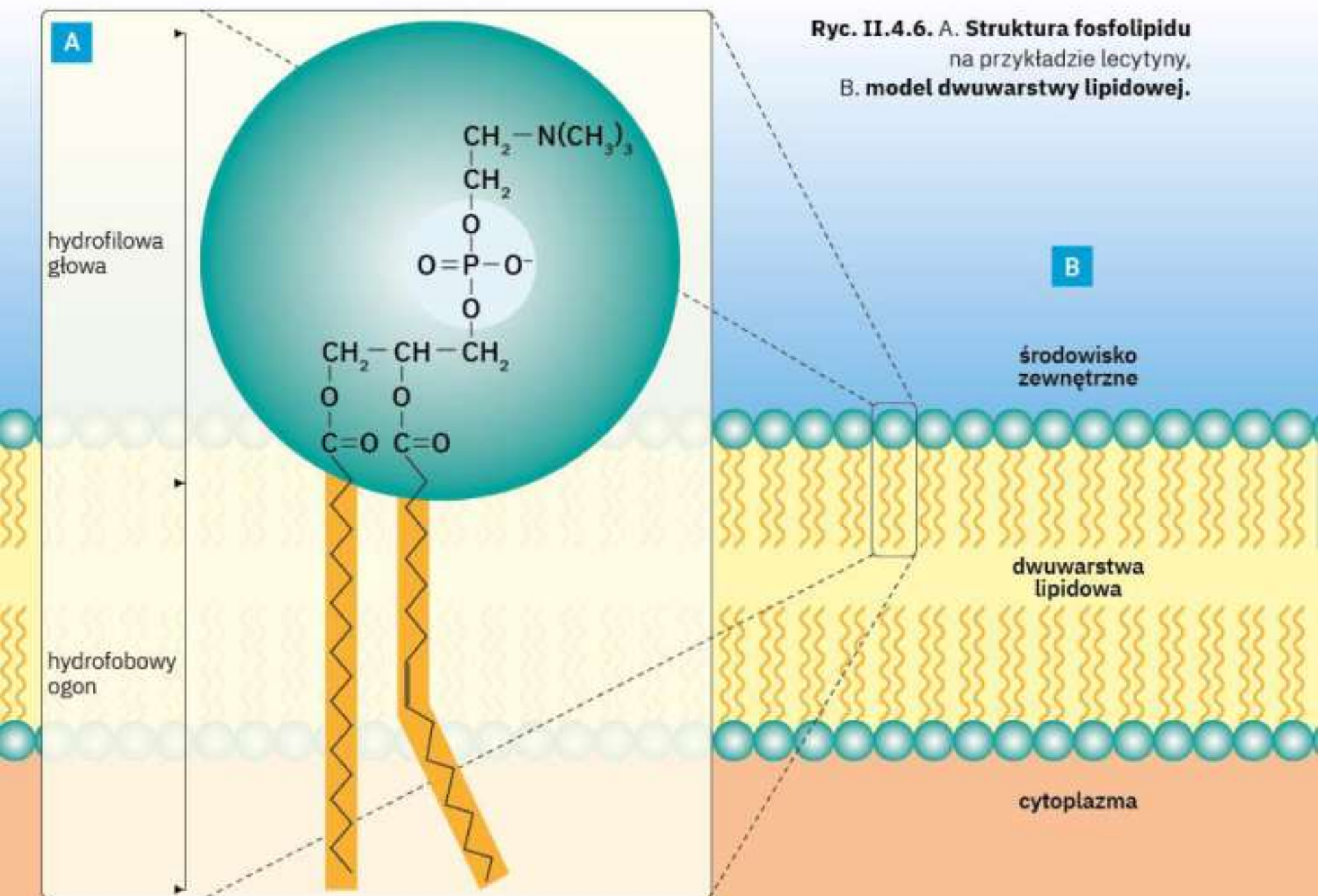
Lipidy złożone budują błony komórkowe

fosfolipidy

Najważniejszymi tłuszczami złożonymi są **fosfolipidy**. Tłuszcze te to podstawowy składnik błon komórkowych. W skład cząsteczki fosfolipidu wchodzi glicerol, z którym wiązaniem estrowym łączą się dwie reszty kwasów tłuszczowych. Trzecia grupa hydroksylowa glicerolu przyłącza resztę kwasu fosforowego. Do reszty fosforanowej mogą się przyłączać inne grupy, np. alkohole. Przykład fosfolipidu to **lecytyna** (ryc. II.4.6.). W jej cząsteczce grupa fosforanowa jest zestryfikowana alkoholem – choliną. Fragment cząsteczki zawierający reszty kwasów tłuszczowych, tzw. **ogon**, ma charakter hydrofobowy, tzn. nie rozpuszcza się w wodzie, natomiast **głowa lipidu**, zawierająca reszty glicerolu, fosforanową i choliny, jest polarna i rozpuszcza się w wodzie – ma charakter hydrofilowy (ryc. II.4.6.A).

cząsteczki amfipatyczne

Cząsteczki mające taki „podwójny” charakter nazywamy **amfipatycznymi (amfifilowymi)**. Ta unikatowa cecha sprawia, że w kontakcie z wodą fosfolipidy tworzą dwuwarstwy. Podobną strukturę w postaci dwuwarstwowej błony komórkowej fosfolipidy wykształcają na powierzchni komórek. Hydrofilowe głowy ich cząsteczek są skierowane na zewnątrz dwuwarstwy i pozostają w kontakcie z wodnymi roztworami wewnątrz i na zewnątrz komórki. Hydrofobowe ogony ustawiają się do wnętrza **dwuwarstwy** (ryc. II.4.6.B). Tak zbudowana błona biologiczna stanowi barierę pomiędzy komórką a środowiskiem zewnętrznym. Dokładną charakterystykę budowy i funkcji błony biologicznej znajdziesz w Rozdziale III na stronie 80.



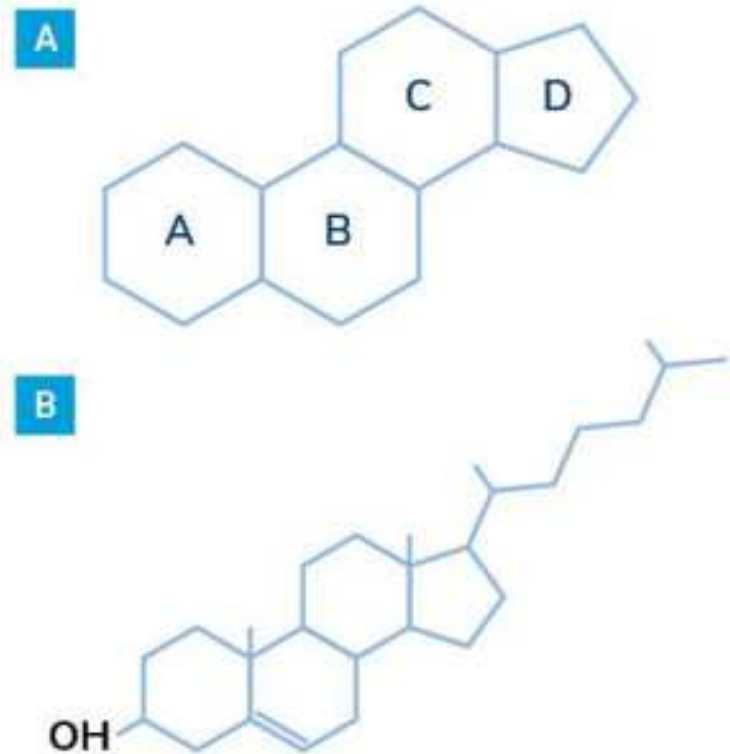
Ryc. II.4.6. A. Struktura fosfolipidu na przykładzie lecytyny, B. model dwuwarstwy lipidowej.



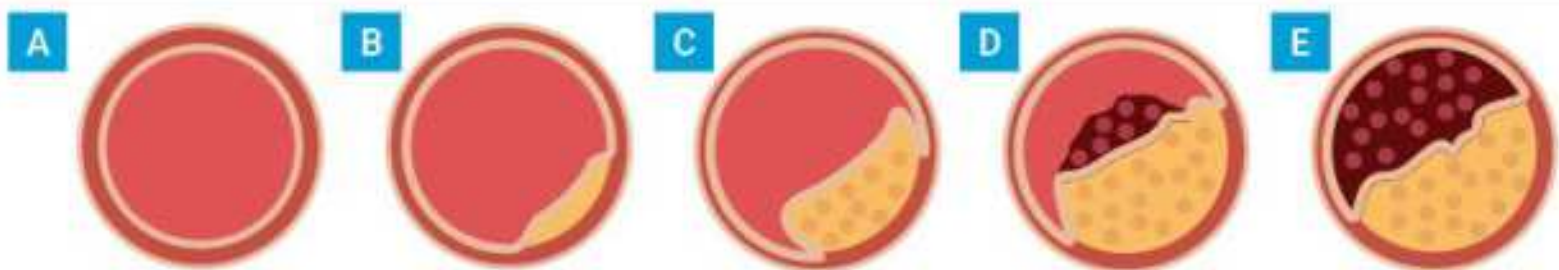
Steroidy

Wspólnym elementem strukturalnym steroidów jest układ składający się z czterech połączonych pierścieni (ryc. II.4.7.A). Steroidy różnią się rodzajem dołączanych do tego szkieletu grup. Przykładem steroidu jest **cholesterol** – ważny prekursor kwasów żółciowych i hormonów (ryc. II.4.7.B). Wraz z fosfolipidami wchodzi on w skład zwierzęcych błon biologicznych, nadając im odpowiednią sztywność. Cholesterol podlega syntezie w wątrobie, a w większych ilościach występuje w tkance nerwowej. Stanowi składnik błon komórkowych. We krwi jest transportowany jako element lipoprotein. Znajduje się w tłuszczach zwierzęcych, natomiast brak go w tłuszczach roślinnych (steroidami roślinnymi są fitosterole). Mimo że cholesterol to jedna z podstawowych cząsteczek w komórkach zwierzęcych, to jego wysokie stężenie we krwi zwiększa ryzyko powstania miażdżycy. Nadmiar cholesterolu związanego z lipoproteinami o małej gęstości (LDL) przenika do ścian tętnic i tam odkłada się w postaci blaszek miażdżycowych, zmniejszając światło naczyń, a tym samym utrudniając przepływ krwi (ryc. II.4.8.).

cholesterol



Ryc. II.4.7. A. Pierścień steroidowy, B. cholesterol jako przykład steroidu.



Ryc. II.4.8. **Blaszka miażdżycowa** jest zbudowana głównie z cholesterolu i odkłada się na ścianie tętnicy, doprowadzając do zmniejszenia przepływu krwi (niedokrwienia), skutkującego niedotlenieniem narządów. A – naczynie prawidłowe, B–C – blaszka miażdżycowa odkładająca się w ścianie tętnic, D– E – pęknięta blaszka miażdżycowa.

Cholesterol frakcji LDL może też tworzyć złogi w postaci kamieni żółciowych. Z tego względu nazywa się go „złym” cholesterol. Pozostała część cholesterolu jest transportowana w postaci lipoprotein o dużej gęstości (HDL). To tzw. dobry cholesterol. Lipoproteiny HDL wiążą zgromadzony w ścianach tętnic cholesterol i transportują go z krwią do wątroby. Cholesterol dostarczony drogą pokarmową zostaje wchłonięty tylko w 40%, reszta natomiast jest wydalana z kałem. Kiedy w naszej diecie znajdują się duże ilości cholesterolu, organizm zmniejsza jego syntezę, lecz jeśli spożywamy przez długi okres zbyt wiele wysokocholesterolowych produktów (m.in. mięsa), ten mechanizm zawodzi.

Obserwacja

Obserwacja tkanki tłuszczowej zwierząt

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: Wykorzystując preparaty trwałe dokonaj obserwacji przekroju tkanki tłuszczowej (preparaty barwione odczynnikami Sudan lub kwasem osmowym).

Opracowanie wyników: Wykonaj do zeszytu schematyczny rysunek komórek tłuszczowych, zaznacz pierścienie cytoplazmy z jądrami komórkowymi.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Zastanów się, gdzie w organizmie człowieka znajduje się ten rodzaj tkanki i jaką ona pełni funkcję.

Eksperyment

1. Wykrywanie lipidów

Wprowadzenie: W olejach roślinnych zawarte są lipidy proste i złożone oraz związki lipidopodobne (np. witamina E).

Problem badawczy: Czy olej słonecznikowy zawiera lipidy?

Hipoteza badawcza: Olej słonecznikowy zawiera lipidy.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: Przygotowanie próby kontrolnej i badawczej. Przygotuj dwie probówki: do jednej nalej 2 ml wody (próba kontrolna), a do drugiej 2 ml oleju słonecznikowego (próba badana). Do obu dodaj kilka kropli odczynnika Sudan III i Sudan IV. Wstrząśnij zawartością probówek i zaobserwuj ich zabarwienie.

Wyniki: Opisz zmianę zabarwienia w obu probówkach.

Wniosek: Sformułuj wniosek.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Czym jest lipidogram krwi człowieka (triacyloglicerole, cholesterol całkowity)?

2. Badanie właściwości lecytyny

Wprowadzenie: Lecytyna jest amfipatycznym fosfolipidem, który w środowisku wodnym samorzutnie formuje charakterystyczne struktury. Część hydrofilowa cząsteczki ma powinowactwo z wodą, a druga część jest hydrofobowa.

Problem badawczy: Czy lecytyna rozpuszcza się w wodzie?

Hipoteza badawcza: Lecytyna ułatwia mieszanie się roztworów.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: Do dwóch kolb o pojemności 250 ml nalej po 50 ml oleju oraz 50 ml wody. Do kolby będącej próbą badawczą dodaj 5 ml lecytyny w płynie. Obie kolby zatkać korkiem, a ich zawartość intensywnie wymieszaj i odczekaj kilka minut.

Wynik: Opisz wygląd i formę roztworów w obu kolbach.

Wniosek: Sformułuj wniosek.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Jakie inne struktury mogą formować lipidy złożone? Jaka jest ich biologiczna rola?



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Wymień i omów na konkretnych przykładach funkcje tłuszczów.
- Przerysuj do zeszytu i uzupełnij poniższą tabelę.

Rodzaj tłuszczu	Budowa	Funkcje	Przykład
...	estry alkoholi oraz wyższych kwasów tłuszczowych	...	...
...	...	...	lecytyna
związki lipidopodobne	...	...	...

- Poniżej przedstawiono wartości trójglicerydów oraz cholesterolu pewnej osoby.
 - Zinterpretuj przedstawione wyniki.
 - Podaj trzy zalecenia, jakimi powinien się kierować ten pacjent.
 - Przygotuj przykładowy jednodniowy jadłospis dla tego pacjenta.

Lipidogram (Chol, HDL, LDL, TG)	Poziom	Jednostka	Zakres prawidłowy	Wskaźnik
Cholesterol całkowity	7,18	mmol/l	300–5,00	H
Cholesterol HDL > 1,2 mmol/l zgodnie z zaleceniem PTK i PTDL	1,59	mmol/l	–	
Cholesterol LDL < 1,8 mmol/l u osób z bardzo dużym ryzykiem, po zawale serca i udarze mózgu < 2,5 mmol/l u osób z dużym ryzykiem < 3,0 mmol/l u osób zdrowych	4,84	mmol/l	–	
Trójglicerydy < 1,7 mmol/l zgodnie z zaleceniem PTK i PTDL	1,64	mmol/l	–	

- Wyjaśnij, jakie właściwości fosfolipidów decydują o dwuwarstwowej formie błony komórkowej.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Lipidy stanowią **magazyn energii** (triacyloglicerole) oraz są **głównym składnikiem budulcowym błon biologicznych** (fosfolipidy).

s. 46

Tłuszcze proste (triacyloglicerole i woski) to **estry alkoholi** i wyższych kwasów tłuszczowych.

s. 47

Przykładem tłuszczów złożonych są **fosfolipidy**.

s. 50

Fosfolipidy są **cząsteczkami amfipatycznymi**, co oznacza, że jedna ich część ma powinowactwo z wodą, a druga jest hydrofobowa. Ta cecha warunkuje samorzutne tworzenie się dwuwarstw lipidowych, z których są utworzone błony komórkowe.

s. 50

Cholesterol jest steroidem wchodzącym w skład błon komórkowych oraz prekursorem ważnych cząsteczek biologicznych (np. hormonów) u człowieka i zwierząt.

s. 51



5. Białka – budowa i znaczenie dla organizmu

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz różnorodność i funkcje białek;
- dowiesz się, jak są zbudowane białka;
- zrozumiesz, jakie znaczenie mają białka dla organizmu.

Podział i funkcje białek

funkcja białek

Białka, obok kwasów nukleinowych, stanowią dużą grupę makromolekuł komórkowych. Zależy od nich funkcjonowanie każdej żywej komórki – biorą one udział w prawie **wszystkich czynnościach życiowych** organizmu. Wśród tej grupy najważniejsze są **enzymy** – białka o właściwościach katalitycznych, które przyspieszają reakcje chemiczne zachodzące w każdej komórce. O enzymach dowiesz się więcej z działu IV.

podział białek

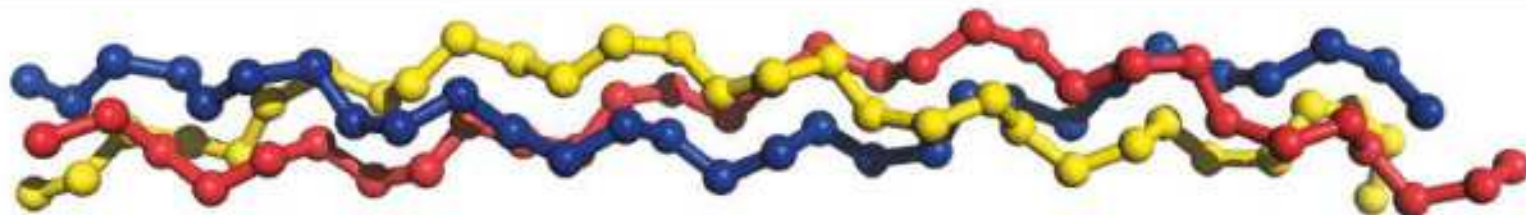
W organizmie człowieka występują dziesiątki tysięcy białek, a każde z nich ma określoną strukturę i funkcję. Uwzględniając budowę tych związków, możemy je podzielić na **proste** (zbudowane tylko z aminokwasów) lub **złożone** (będące połączeniem aminokwasów i innych związków). Białka **globularne** i **fibrylarne** rozróżniamy na podstawie kształtu cząsteczki. Najbardziej znanym kryterium podziału białek są ich funkcje (**ryc. II.5.1.**).



Ryc. II.5.1. Podział białek.



Przykładem **białek fibrylarnych** są **keratyna** i **kolagen**. Keratyna to białko nadające skórze elastyczność i wytrzymałość. Nie rozpuszcza się w wodzie i tworzy barierę uniemożliwiającą przenikanie wody przez powierzchnię ciała. **Kolagen** wchodzi w skład włókien tkanki łącznej, nadając jej sprężystość i wysoką odporność na rozerwanie podczas rozciągania. Znanych jest dziewiętnaście typów kolagenów, które występują w różnych miejscach, np. kolagen typu I występuje w więzadłach, ścięgnach i skórze, a kolagen typu II – w chrząstce (**ryc. II.5.2.**).



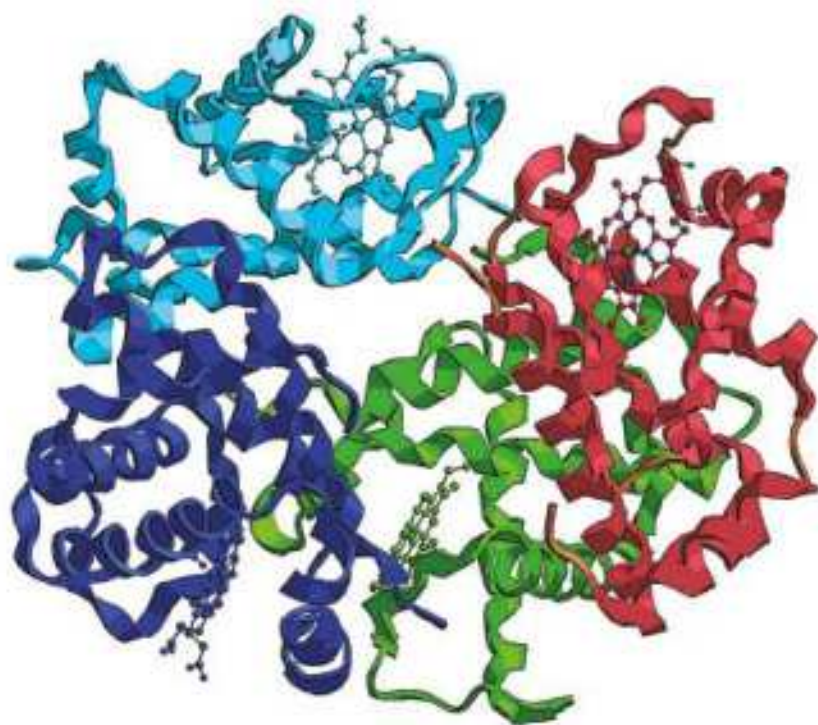
Ryc. II.5.2. Model przestrzenny kolagenu.

Do **białek globularnych** należy **mioglobina**, która występuje w mięśniach i magazynuje tlen. W czasie długotrwałego wysiłku zapewnia szybkie uwalnianie tlenu z krwi do mięśni. Białkami globularnymi są także **histony**, które wraz z DNA tworzą chromatynę jądra komórkowego.

Tab. II.5.1. Podział białek ze względu na pełnione przez nie funkcje

Rodzaj białka	Opis	Przykłady
Białka enzymatyczne	specyficzne przyspieszanie reakcji chemicznych (w przeważającej części są to białka globularne)	• enzymy trawienne (np. pepsyna) • oksydoreduktazy (np. katalaza)
Białka strukturalne	• składniki budulcowe i strukturalne komórek i tkanek (na ogół są to białka fibrylarne) • składniki struktur komórkowych (np. chromatyny)	• kolagen • elastyna • keratyna • histony
Białka zapasowe	forma zapasowa aminokwasów	• kazeina • owoalbumina
Białka transportujące	transport innych substancji	• hemoglobina • mioglobina • lipoproteiny osocza
Białka hormonalne	regulacja aktywności na poziomie całego organizmu	insulina
Białka receptorowe	reakcje na bodźce chemiczne	receptor insuliny
Białka cytoszkieletu (białka kurczliwe)	udział w reakcjach ruchowych	<u>aktyna</u> , miozyna
Białka obronne	ochrona przed patogenami	przeciwciała

Każdy przejaw życia na Ziemi ma formę białkową. Białka, ze względu na spektrum pełnionych przez nie funkcji, są zaangażowane we wszystkie procesy życiowe organizmu (**tab. II.5.1.**). Ten podział funkcjonalny białek doskonale można zilustrować na przykładzie krwi. Krew składa się z osocza oraz elementów morfotycznych. W skład osocza wchodzi woda, białka oraz inne rozpuszczone substancje. Do naj-



Ryc. II.5.3. Model przestrzenny hemoglobiny. Składa się ona z czterech podjednostek: dwóch łańcuchów *alfa* i dwóch *beta* (czerwone, niebieskie i seledynowe) oraz wkomponowanych w część białkową czterech cząsteczek hemu (zielony).

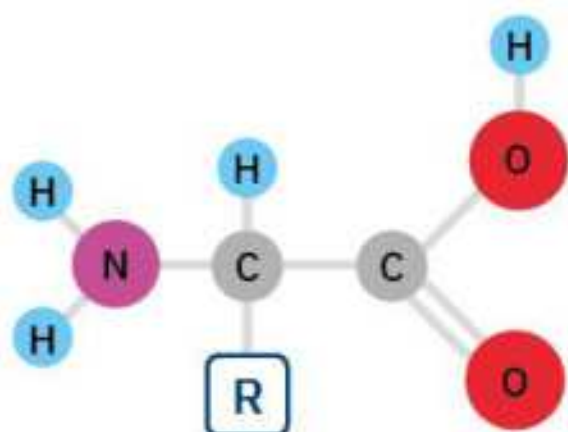
ważniejszych białek osocza zaliczamy fibrynogen, globuliny i albuminy. **Fibrynogen** bierze udział w procesie krzepnięcia krwi. Płyn, jaki zostaje po jego usunięciu z osocza, nosi nazwę **surowicy**. Frakcja **globulin** zawiera białka transportujące (np. hormony, tłuszcze, cholesterol), protrombinę (bierze udział w krzepnięciu krwi) oraz przeciwciała (zapewniają odporność na m.in. choroby zakaźne, takie jak odra czy zakaźna żółtaczka). **Albuminy** osocza regulują ciśnienie osmotyczne krwi, przez co utrzymują właściwą jej objętość. Pełnią także funkcję buforującą pH krwi. Dodatkowo w erytrocytach (czerwonych krwinkach) występuje **hemoglobina** – białko transportujące tlen i nadające krwi czerwoną barwę. Hemoglobina także jest białkiem złożonym, ponieważ oprócz części białkowej zawiera czerwony barwnik żelazoporfirynowy –

hem. Hemoglobina składa się z czterech podjednostek białkowych: dwóch łańcuchów *alfa* i dwóch łańcuchów *beta*, tworzących jedną całość z czterema cząsteczkami hemu (**ryc. II.5.3.**).

Budowa białek

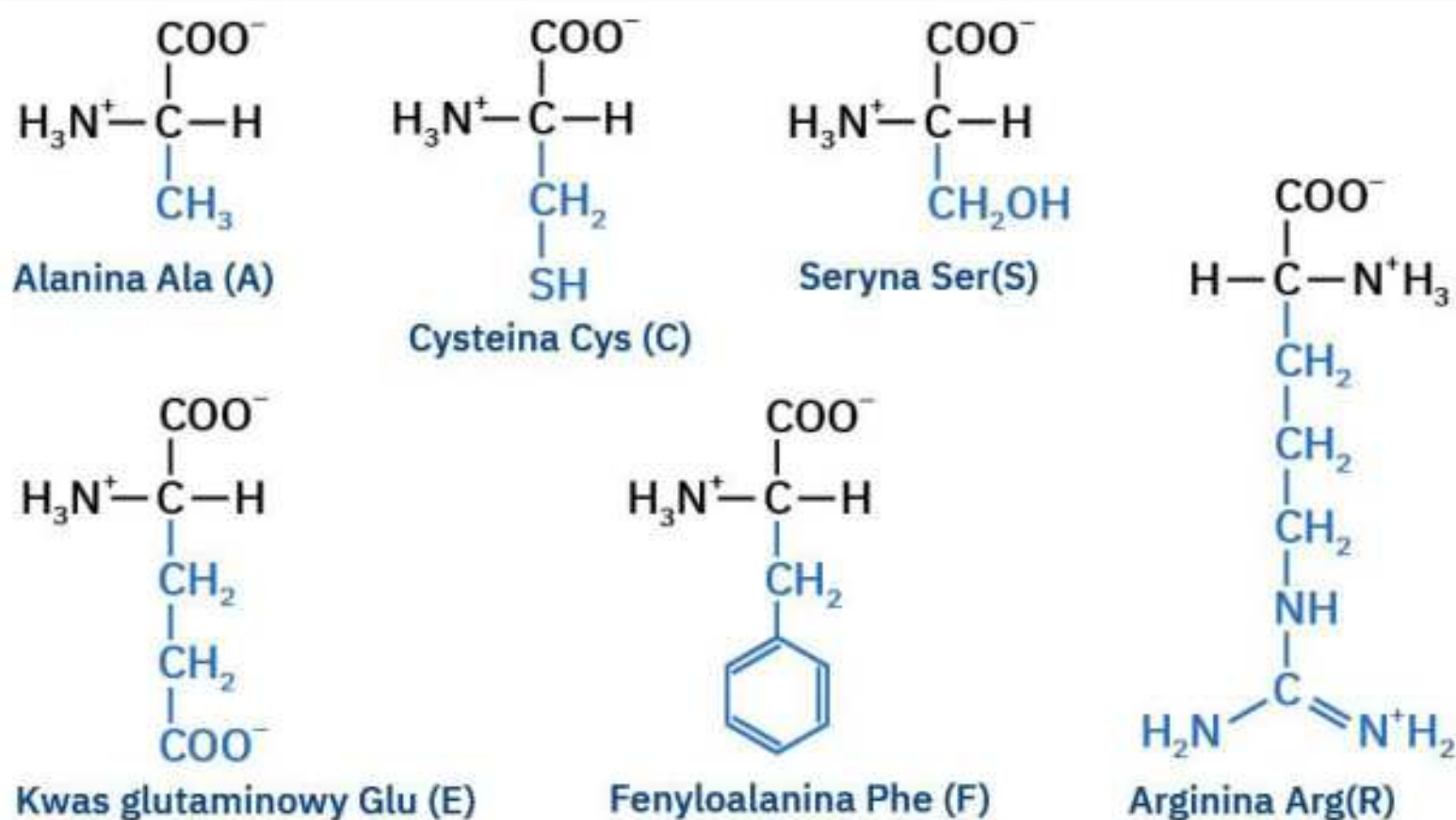
budowa
aminokwasów

Białka to polimery, które składają się z tego samego zestawu tylko **dwudziestu aminokwasów** (choć w przyrodzie znanych jest ich ponad kilkaset). Wszystkie



Ryc. II.5.4. Schemat budowy aminokwasu.

aminokwasy mają ten sam schemat budowy (**ryc. II.5.4.**): wokół centralnie umieszczonego atomu węgla (tzw. węgla *alfa*) rozmieszczone są cztery różne podstawniki: grupa aminowa ($-NH_2$), karboksylowa ($-COOH$), atom wodoru oraz zmienna grupa $-R$, stanowiąca tzw. łańcuch boczny. Amino-kwasy różnią się między sobą grupą $-R$ (**ryc. II.5.5.**).



Ryc. II.5.5. Przykładowe aminokwasy białkowe.

Tab. II.5.2. Podział aminokwasów białkowych ze względu na rodzaj łańcucha bocznego

AMINOKWASY BIAŁKOWE			
Niepolarne (hydrofobowe)	Polarne (obojętne)	Polarne – zasadowe	Polarne – kwasowe
alanina	asparagina	lizyna	kwas asparaginowy
glicyna	glutamina	arginina	kwas glutaminowy
walina	seryna	histydyna	
leucyna	treonina		
izoleucyna	tyrozyna		
cysteina			
prolina			
fenylalanina			
metionina			
tryptofan			

Fizykochemiczny charakter każdego z aminokwasów jest determinowany przez rodzaj łańcucha bocznego (ryc. II.5.5.). Część aminokwasów ze względu na obecność w nich reszt węglowodorowych jest **hydrofobowa** (np. alanina, walina; tab. II.5.2.). W przeciwieństwie do nich łańcuchy boczne o charakterze polarnym nadają części aminokwasów właściwości **hydrofilowe** (np. seryna). Jeżeli łańcuchy boczne aminokwasów mają zjonizowane dodatnio grupy (NH_4^+), to mówimy, że są to aminokwasy **zasadowe** (np. arginina). Aminokwasy **kwasowe** to takie, w których łańcuch boczny jest naładowany ujemnie i występuje grupa karboksylowa COO^- (np. kwas glutaminowy).

podział
aminokwasów



Organizm człowieka potrafi syntetyzować tylko niektóre aminokwasy (**aminokwasy endogenne**), resztę trzeba dostarczać wraz z pożywieniem (**aminokwasy egzogenne**; tab. II.5.3.). Białka zawierające wszystkie aminokwasy egzogenne we właściwych proporcjach to **białka pełnowartościowe**.

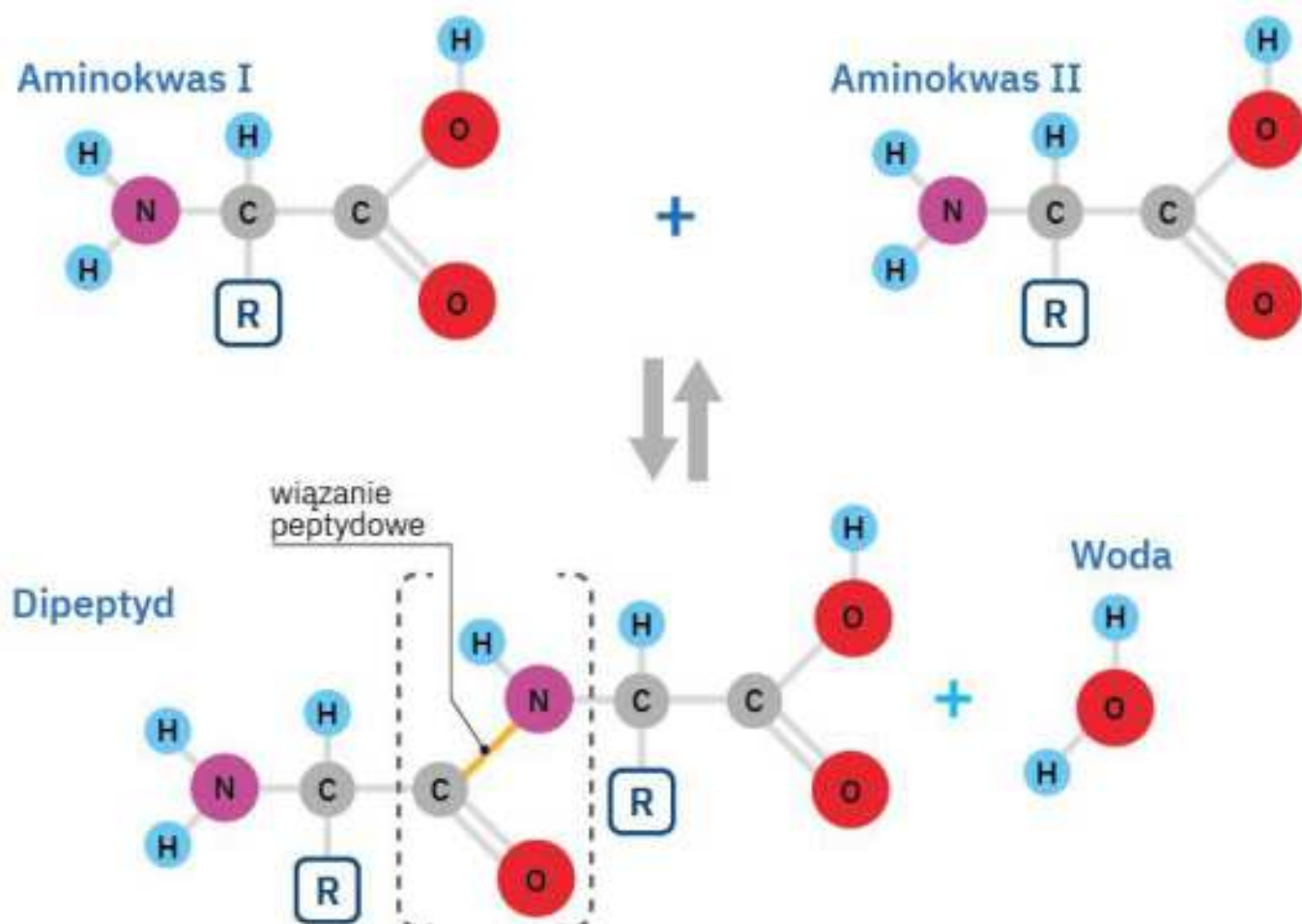
Tab. II.5.3. Podział aminokwasów

Aminokwasy białkowe	
Endogenne (syntetyzowane w organizmie)	Egzogenne (dostarczane z pożywieniem)
alanina	histydyna
arginina**	izoleucyna
asparagina	leucyna
kwas asparaginowy	lizyna
cysteina	metionina
kwas glutaminowy	fenyloalanina
glutamina	treonina
glicyna	tryptofan
prolina	walina
seryna	
tyrozyna	

**Organizm człowieka syntetyzuje argininę w niewystarczających ilościach, zwłaszcza w wieku dziecięcym. Jej niedobory trzeba uzupełniać w diecie.

Zaliczamy do nich białka pochodzenia zwierzęcego, które można dostarczyć wraz z jajami, mięsem, rybami oraz przetworami mlecznymi. W przeciwieństwie do białek pełnowartościowych białka ubogie w aminokwasy egzogenne lub ich pozbawione nazywamy **niepełnowartościowymi**. Występują one w niektórych zbożach i warzywach. Aminokwas, którego brakuje w danym białku, to **aminokwas ograniczający**.

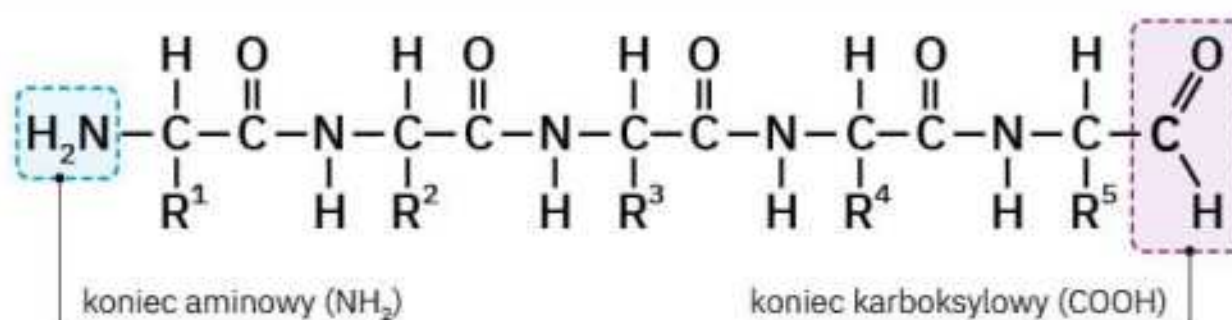
Reszty aminokwasowe w białkach połączone są ze sobą za pomocą **wiązania peptydowego**. Wytwarza się ono pomiędzy grupą karboksylową jednego aminokwasu a aminową drugiego (ryc. II.5.6.). Podczas tej reakcji wydzielą się cząsteczka wody. Połączenie kilkudziesięciu lub większej liczby reszt aminokwasowych za pomocą wiązań peptydowych prowadzi do wytworzenia **łańcucha polipeptydowego**.



Ryc. II.5.6. Powstawanie wiązania peptydowego.



Rdzeniem takiego łańcucha jest układ atomów wchodzących w skład tego wiązania. Od niego odchodzą łańcuchy boczne aminokwasów budujących dany polipeptyd. W każdym łańcuchu polipeptydowym pierwszy i ostatni aminokwas ma wolną jedną z grup funkcyjnych. Mówimy, że polipeptyd ma dwa końce – reszta aminokwasu z wolną grupą aminową jest **końcem aminowym** lub **N-końcem**, a reszta z wolną grupą $-COOH$ to **koniec karboksylowy**, inaczej **C-koniec** (ryc. II.5.7.). Z czego wynika ogromna liczba białek poznanych do tej pory w przyrodzie? Powodem tego jest sekwencja ułożenia aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym. Mimo że istnieje dość ograniczona liczba monomerów (20 aminokwasów białkowych), łączą się one w różnej kolejności. Ponadto liczba poszczególnych aminokwasów w białku się różni. To warunkuje ogromną zmienność polipeptydów w naturze.



Ryc. II.5.7. Dwa końce polipeptydu: N-koniec z wolną grupą aminową i C-koniec z wolną grupą karboksylową.

Aby powstało w pełni funkcjonalne białko, łańcuch polipeptydowy musi przyjąć odpowiednią strukturę w przestrzeni (strukturę 3D). Dzieje się to przez odpowiednie skręcenie, sfałdowanie i złożenie łańcucha polipeptydowego w jedną w swoim rodzaju, unikalną cząsteczkę białka przeznaczoną do pełnienia ściśle określonej funkcji. Zatem terminy *białko* i *łańcuch polipeptydowy* nie są tożsame. Różnica między nimi jest taka, jak pomiędzy kłębką wełny a utkanym z niej szalikiem.

Sekwencja reszt aminokwasowych w białku determinuje jego strukturę przestrzenną, czyli **konformację**. Konformacja białka określa z kolei jego aktywność biologiczną. Na strukturę przestrzenną, a tym samym na aktywność białka, wpływają dodatkowo takie czynniki, jak wysoka temperatura, zmiany pH, niektóre związki chemiczne (mocne kwasy np. H_2SO_4 , HCl i zasady np. $NaOH$, substancje organiczne, detergenty), promieniowanie UV i wiele innych. Pod ich wpływem zwinięty łańcuch polipeptydowy rozkręca się i przyjmuje przypadkową formę. Proces ten nazywamy **denaturacją**, a czynniki, które go wywołują – denaturującymi. Utrata właściwej konformacji przestrzennej i utrata aktywności biologicznej są związane z rozerwaniem wiązań wodorowych i jonowych, które warunkują stabilność struktury przestrzennej białka. Denaturacja to najczęściej proces, którego nie można odwrócić. Przykładem denaturacji białka jest działanie wysokiej temperatury na albuminę jaja kurzego w czasie gotowania lub smażenia.

denaturacja
białka

Zdecydowana większość białek rozpuszcza się w wodzie i tworzy koloidy, czyli mieszaniny, w których jedna substancja (białko) jest rozproszona w drugiej (woda). Wodny roztwór białka nazywamy zolem. W trakcie **koagulacji** zół przekształca się



w żel. **Koagulację** mogą wywołać sole metali lekkich, np. NaCl. Warunki, w których dochodzi do koagulacji, są odmienne dla różnych białek, gdyż na proces ten ma wpływ wypadkowy ładunek białka, stopień jego uwodnienia czy temperatura. Koagulacja jest procesem odwracalnym, ponieważ nie narusza struktury przestrzennej białek. Po dodaniu wody żel przechodzi z powrotem w zol.



Eksperyment

1. Wykrywanie wiązania peptydowego (reakcja biuretowa)



Wprowadzenie: Reszty aminokwasowe w białku są połączone za pomocą wiązania peptydowego. Wiązanie to wykrywa się za pomocą reakcji biuretowej (odczynu Piotrowskiego). Miedź zawarta w odczynniku biuretowym reaguje z wiązaniem peptydowym, tworząc kompleks o fioletowym zabarwieniu. Im więcej wiązań peptydowych w roztworze, tym bardziej intensywne zabarwienie.

Problem badawczy: Czy w białku jaja kurzego występują wiązania peptydowe?

Hipoteza badawcza: Reszty aminokwasowe białka są połączone wiązaniami peptydowymi.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: W 5 probówkach umieść po 2 ml następujących produktów: (1) woda, (2) mleko skondensowane, (3) mleko ryżowe, (4) białko jaja kurzego i (5) sok jabłkowy. Do każdej probówki dodaj po 2 ml rozcieńczonego roztworu NaOH, a następnie delikatnie po ściance każdej probówki – 1 ml 10-procentowego odczynnika biuretowego. Obserwuj zmiany zabarwienia. W probówkach zawierających białko na granicy roztworów pojawi się fioletowy pierścień.

Wynik: Czy fioletowe zabarwienie jest obecne w każdej probówce?

Wniosek: Sformułuj wniosek.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Co to jest biuret i jakie kryteria muszą być spełnione, żeby zaszła reakcja biuretowa?

2. Wydzielanie z mleka jego głównego białka – kazeiny – pod wpływem zmian pH

Wprowadzenie: Kazeina stanowi ok. 75% białek mleka, a wydziela się wtedy, gdy obniżeniu ulegnie pH mleka.

Problem badawczy: Czy obniżenie pH spowoduje wydzielenie się kazeiny?

Hipoteza badawcza: Kazeina mleka wydziela się pod wpływem niskiego pH.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: Do zlewki o objętości 250 ml nalej 100 ml tłustego mleka. Zlewkę umieść na płycie grzejnej i podgrzewaj, utrzymując temperaturę nie wyższą niż 50–60°C. Za pomocą strzykawki wkropl do tej zlewki 5 ml 10-procentowego kwasu octowego. Całość cały czas mieszaj. Po pewnym czasie z mleka oddzieli się twaróg. Na lejek nałóż bibułę filtracyjną lub złożoną na 4 części gazę i przesącz uzyskany roztwór.

Wynik: Sporządź krótką notatkę, zapisując odpowiedzi na poniższe pytania:

– Jaki wygląd ma uzyskany produkt?



Eksperyment

- Co pozostało po oddzieleniu kazeiny?
- Czy fioletowe zabarwienie jest obecne w każdej probówce?

Wniosek: Sformułuj wniosek.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Co to jest biuret i jakie kryteria muszą być spełnione, żeby zaszła reakcja biuretowa?

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wytlumacz na konkretnych przykładach, z czego wynika ogromne zróżnicowanie białek występujących w komórkach organizmów.
2. Wymień, jakie funkcje pełnią białka.
3. Poniżej podano dwie sekwencje aminokwasowe. Składają się one z tych samych reszt aminokwasów, lecz połączonych w odwrotnej kolejności:
 - I. Ala-Gly-Val-Ala-Trp-Cys-Lys-Lys-Gly-Glu-Asp
 - II. Asp-Glu-Gly-Lys-Lys-Cys-Trp-Ala-Val-Gly-Ala
 Wyjaśnij, czy mogą to być sekwencje jednego białka, czy różnych białek. Uzasadnij odpowiedź.
4. Jaka jest klasyfikacja rodzajów aminokwasów? Podaj po jednym przykładzie z każdej grupy.
5. Wyszukaj w dostępnej literaturze przykłady produktów roślinnych zawierających białka niepełnowartościowe.
 - a) Sporządź w zeszycie tabelę aminokwasów ograniczających dla tych produktów.
 - b) W jaki sposób swoją dietę powinien komponować wegetarianin lub weganin?

PODSUMOWANIE LEKCJI

Białka stanowią podstawę **wszystkich procesów życiowych**. s. 54

Ze względu na kształt **białka** dzielimy na **globularne** i **fibrylarne**, a ze względu na funkcje – na enzymatyczne, strukturalne, zapasowe, transportujące, hormonalne, receptorowe, obronne. s. 54

Białka są zbudowane z zestawu **dwudziestu aminokwasów**, które łączą się ze sobą wiązaniami peptydowymi w ściśle określonej kolejności, czyli sekwencji. s. 56

Aminokwasy białkowe dzielimy na niepolarne (np. alanina, walina), polarne bez ładunku (np. seryna), polarne z ładunkiem dodatnim (np. arginina) i polarne z ładunkiem ujemnym (np. kwas glutaminowy). s. 57

Organizm człowieka nie potrafi syntetyzować wszystkich aminokwasów i część z nich (**aminokwasy egzogenne**) musi dostarczać wraz z pożywieniem. s. 58

Pod wpływem **czynników denaturujących** dochodzi do zniszczenia struktury przestrzennej i utraty aktywności białka. s. 59





6. Budowa i funkcje kwasów nukleinowych

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz funkcje kwasów nukleinowych w komórce;
- przeanalizujesz cechy struktury DNA;
- zobaczysz, w jaki sposób DNA jest upakowane w komórce;
- dowiesz się, jakie są rodzaje RNA.

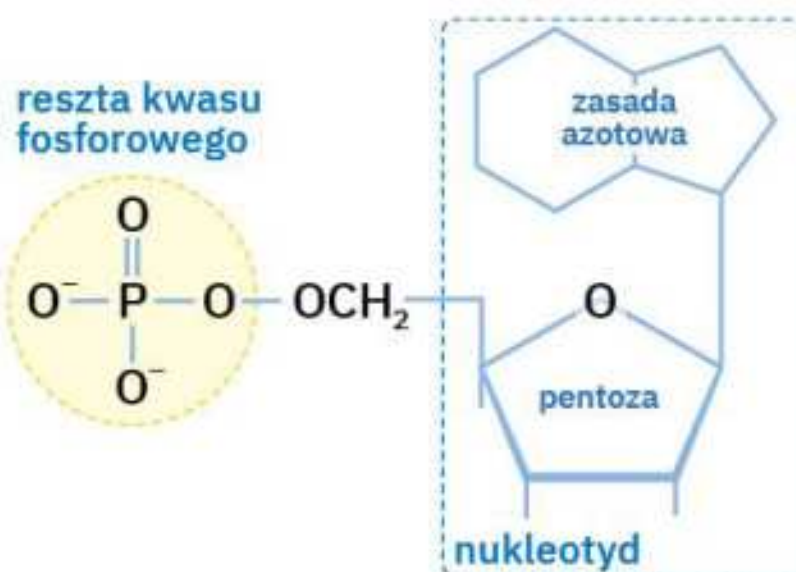
funkcja kwasów nukleinowych

Kwasy nukleinowe **przenoszą informację genetyczną**. **Kwas deoksyrybonukleinowy (DNA)** zawiera geny, czyli materiał dziedziczny, w którym jest zapisana „instrukcja” niezbędna do syntezy wszystkich białek oraz wszystkich rodzajów RNA. Z kolei **kwasy rybonukleinowe (RNA)** biorą udział w biosyntezie białek, podczas której pełnią różne funkcje.

nukleotydy

Podobnie jak białka, kwasy nukleinowe są polimerami zbudowanymi z podjednostek zwanych **nukleotydami** (rys. II.6.1.). Każdy nukleotyd składa się z:

- 1) pięciowęglowego cukru – **deoksyrybozy** w DNA i **rybozy** w RNA,
- 2) reszty kwasu fosforowego nadającej cząsteczce kwaśny charakter,
- 3) zasady azotowej.

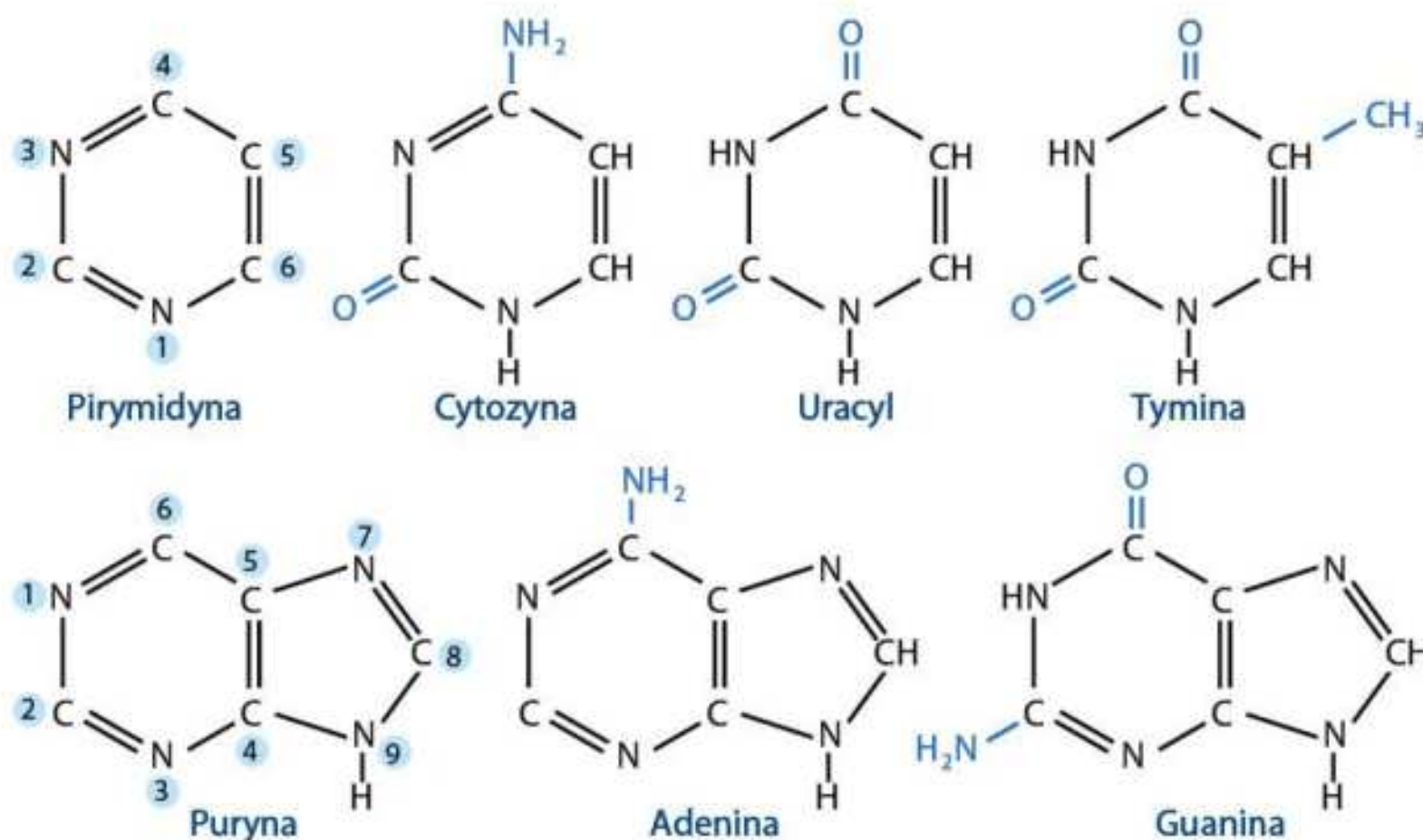


Rys. II.6.1. Składniki kwasów nukleinowych.

Zasadami azotowymi są dwupierścieniowe **puryny** lub jednopierścieniowe **pirymidyny** (ryc. II.6.2.). W DNA występują puryny: adenina (A) i guanina (G) oraz pirymidyny: cytozyna (C) i tymina (T). W budowie RNA purynami są: **adenina** i **guanina**, natomiast pirymidynami: **cytozyna** i **uracyl**. W skład każdego nukleotydu wchodzi tylko jedna z wymienionych zasad azotowych. Na przykład nukleotyd adeninowy składa się z adeniny, cukru i reszty fosforanowej. Nukleotydy w kwasach nukleino-



wych ułożone są liniowo – jeden za drugim – i łączą się **wiązaniami fosfodiesterowymi**. To kowalencyjne wiązanie powstaje pomiędzy grupą fosforanową jednego nukleotydu a resztą cukrową kolejnego (**ryc. II.6.1.**). Podobnie jak sekwencja aminokwasowa w białku, tak samo sekwencja nukleotydowa ma ogromne znaczenie, ponieważ jest kodem niosącym precyzyjną informację o budowie białek.



Ryc. II.6.2. Struktura puryn i pirymidyn wchodzących w skład kwasów nukleinowych (cyframi oznaczono numerację atomów w pierścieniu).

RNA jest zwykle zbudowany z jednej nici polinukleotydowej, podczas gdy DNA stanowią dwie skręcone spiralnie nici polinukleotydowe tworzące strukturę podwójnej helisy (**ryc. II.6.3.**). Porównanie struktury i funkcji kwasów DNA i RNA przedstawia **tabela II.6.1.**

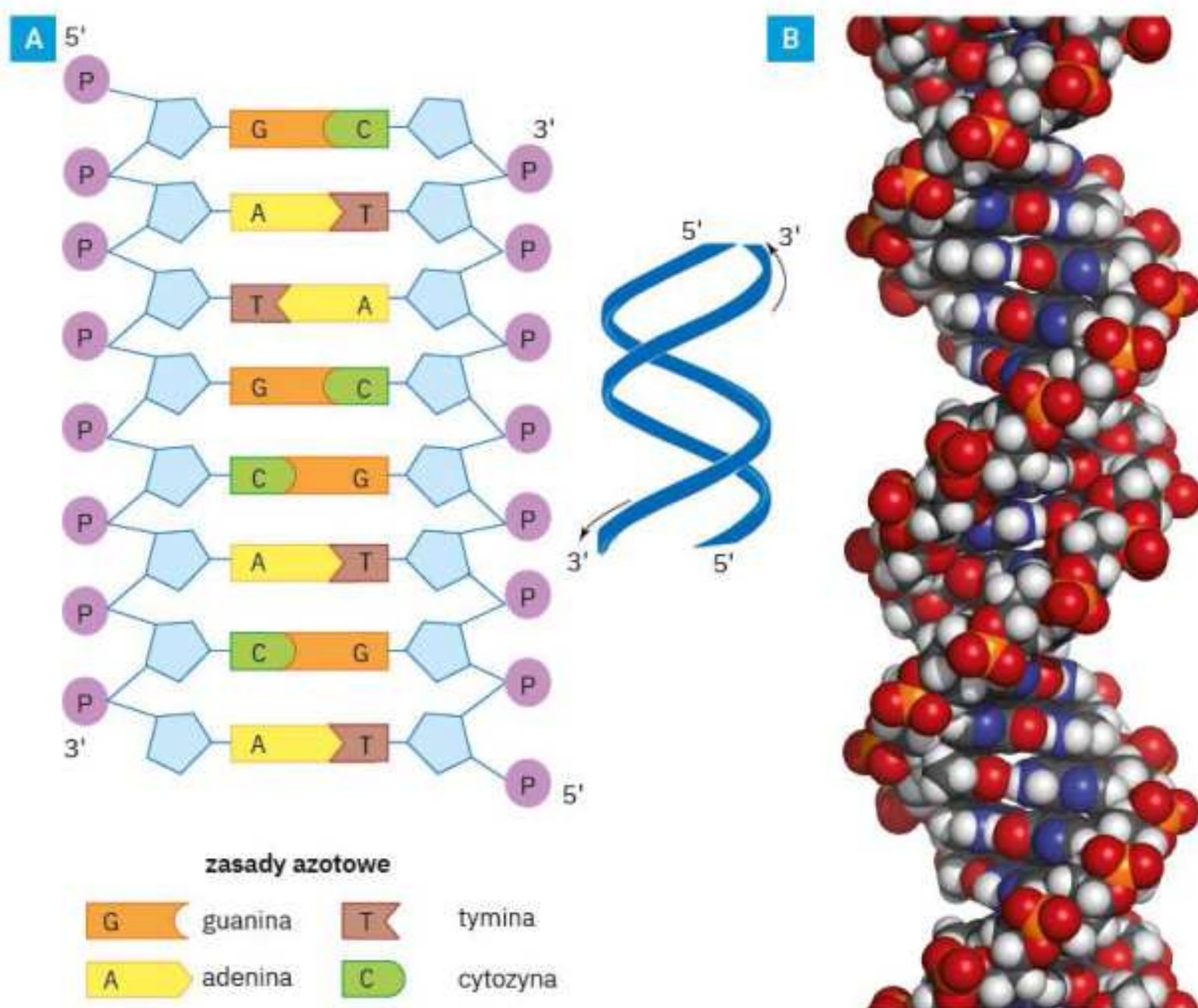
budowa
DNA i RNA

DNA został odkryty w 1869 r. przez szwajcarskiego biochemika Friedricha Mieschera (czytaj: fridricha miszera). Badacz ten wyizolował go w czystej postaci z nasączonych ropą bandaży żołnierzy. Odkrył stosunkowo dużą cząsteczkę bogatą w fosfor. Dopiero po 75 latach od tego odkrycia (w latach 30. XX wieku) poznano, że DNA przenosi informację genetyczną (do tego czasu sądzono, że geny zbudowane są z białek).

W 1953 r. dwaj późniejsi nobliści – James Watson i Francis Crick (czytaj: dżejms łotson i francis krik) – wykazali, że w komórce DNA występuje w postaci podwójnej helisy (**ryc. II.6.3.**). Podstawą dla ich badań był dokładny rentgenogram sodowej soli DNA stworzony przez Rosalind Franklin (czytaj: rozalind franklin). Rozwiązanie struktury DNA przez tych badaczy określa się mianem „kamienia milowego nauki XX wieku”. Najważniejsze cechy modelu struktury DNA Watsona i Cricka to:



- Dwie helikalne nici nukleotydowe są skręcone wokół wspólnej osi.
- Obie nici biegną w przeciwnych kierunkach.
- Zasady obu nici połączone są wiązaniami wodorowymi i **sparowane**, co oznacza, że zawsze adenina jednej nici łączy się tyminą drugiej nici (A–T), a cytozyna z guaniną (C–G). Reguła parowania, czyli **komplementarności zasad**, powoduje, że znając sekwencję jednej nici, w jednoznaczny sposób jesteśmy w stanie określić sekwencję drugiej nici. Ma to niebywałe znaczenie dla procesu powielania i przekazywania informacji genetycznej.
- Szkielety cukrowo-fosforanowe obu nici wystają na zewnątrz helisy, a zasady azotowe są skierowane do wewnątrz (**ryc. II.6.3.**).
- Cała helisa DNA jest stabilizowana wiązaniami wodorowymi oraz oddziaływaniami hydrofobowymi.



Ryc. II.6.3. Budowa DNA. A. W łańcuchu nukleotydowym szkielet cukrowo-fosforanowy jest umieszczony na zewnątrz, a zasady do wewnątrz; B. podwójna nić DNA – zasady azotowe nukleotydów się parują – adenina jednej nici zawsze łączy się tyminą drugiej nici, a guanina z cytozyną. DNA ma postać podwójnej, prawoskrętnej helisy.

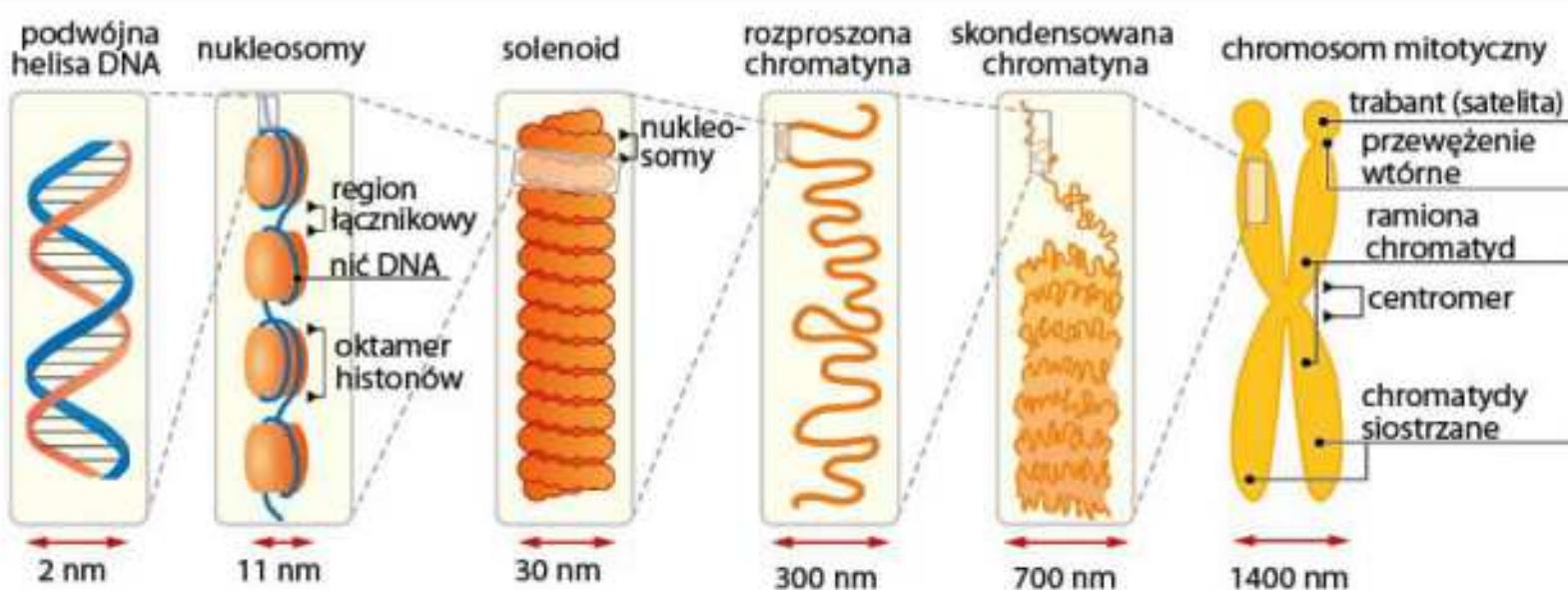


Tab. II.6.1. Porównanie budowy DNA i RNA

Cecha	DNA	RNA
Liczba nici	2	1
Podjednostka, z której zbudowany jest kwas	nukleotyd	
Reszta cukrowa w nukleotydzie	deoskryboza	ryboza
Zasady azotowe nukleotydu	puryny: adenina (a), guanina (g) pirymidyny: cytozyna (c), tymina (t)	puryny: adenina (a), guanina (g) pirymidyny: cytozyna (c), uracyl (u)
Reszta kwasu nieorganicznego	reszta kwasu fosforowego (V)	
Występowanie	jądro komórkowe, jąderko, mitochondrium, chloroplasty	jądro komórkowe, cytoplazma, rybosomy
Zawartość w komórce	1% świeżej masy	5–10% świeżej masy
Funkcja	Zawiera informację dotyczącą budowy białek.	Uczestniczy w biosyntezie białek.

Naturalnie występujące cząsteczki DNA są wyjątkowo długimi polimerami (tab. II.6.1.). Wynika to z ich funkcji oraz ze złożoności organizmów – aby mogły przetransmitować niezbędną informację, muszą zawierać wiele nukleotydów. W komórce eukariotycznej DNA jest ściśle skręcone i upakowane. DNA wiąże się z małymi białkami zwanymi **histonami** i taki zestaw białkowo-deoksyrybonukleinowy nazywamy **chromatyną**. Chromatyna dzięki tworzeniu kolejnych uporządkowanych struktur przybiera różne poziomy kondensacji w komórce (najbardziej skręcona jest w czasie mitozy). Najniższy stopień uporządkowania chromatyny stanowi **nukleosom**, w którym DNA jest owinięty wokół oktameru histonowego (kompleksu ośmiu białek histonowych) (ryc. II.6.1.). W kolejnym etapie nukleosomy się skręcają, tworząc układy helikalne (tzw. włókno 36 nm). Kolejne zwinięcia tych włókien prowadzą do bardzo zwartego upakowania DNA (domeny 300 nm), które ostatecznie przyjmuje postać **chromosomu** (ryc. II.6.4.).

histony

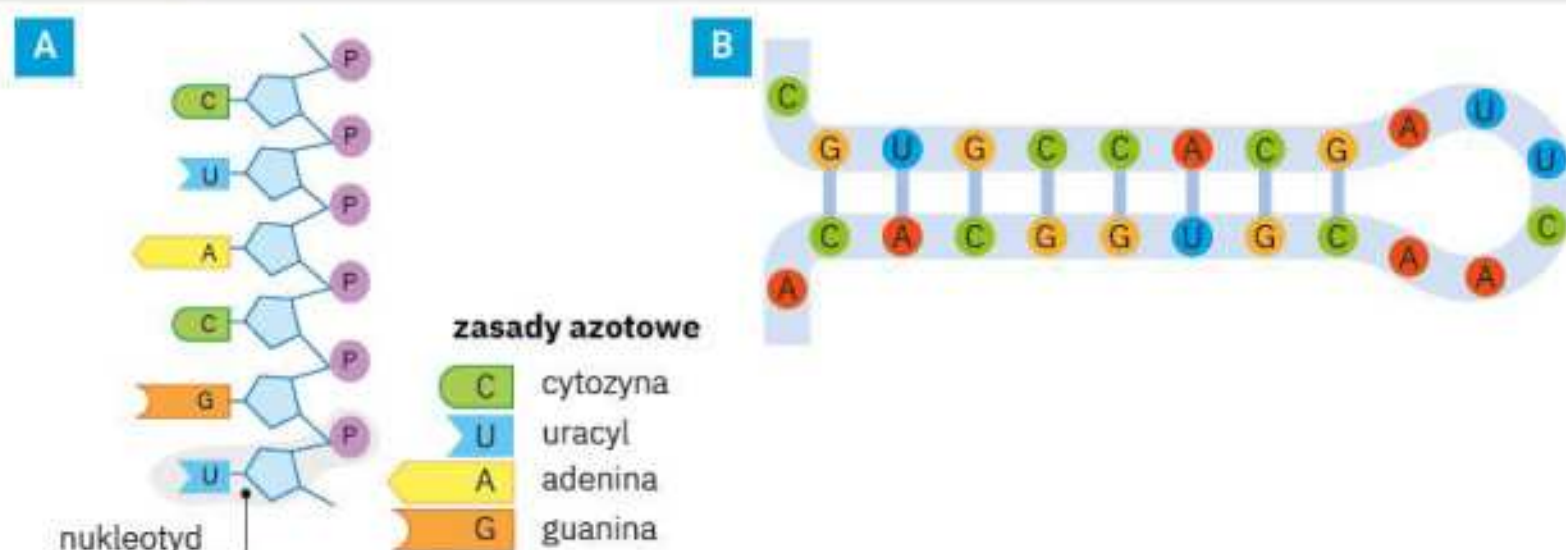


Ryc. II.6.4. Upakowanie DNA w jądrze komórkowym.



struktura spinki
do włosów

W przeciwieństwie do DNA **RNA najczęściej jest jednoniciowe** i bezładnie po-
fałdowane, ale może także przyjmować zróżnicowane struktury, co wynika z pe-
tionych przez RNA wielu odmiennych funkcji. Częstym kształtem przyjmowanym
przez cząsteczki RNA jest tzw. **struktura spinki do włosów** (ryc. II.6.5.).



Ryc. II.6.5. Struktura RNA. RNA najczęściej jest jednoniciowe (A), ale może przyjmować bardziej skomplikowane struktury (np. tzw. spinki do włosów) (B).

Tab. II.6.2. Długość cząsteczki DNA wirusowego, bakteryjnego oraz w komórkach pszenicy i człowieka

Długość cząsteczki DNA [liczba nukleotydów]	
poliomawirusy	5100
bakteria <i>Escherichia coli</i>	4,6 mln
pszenica	16 mld
człowiek	3 mld



Ryc. II.6.6. Struktura tRNA
przypomina kształtem odwróconą literę L.

We wszystkich komórkach, zarówno prokariotycznych, jak i eu-
kariotycznych, występują trzy główne rodzaje RNA (rozdzielalne
na podstawie funkcji i cech strukturalnych):

- Informacyjny RNA (matrycowy) (mRNA)** – RNA o ogrom-
nym zróżnicowaniu sekwencji nukleotydowej. W sekwencji
nukleotydów mRNA jest zapisana informacja o strukturze
konkretnego białka.
- Transportujący RNA (tRNA)** – najmniejszy z rodzajów RNA,
którego zadaniem jest przyłączanie wolnych aminokwasów
w cytoplazmie i transportowanie ich do rybosomów. Amino-
kwasy w procesie translacji zostają włączone do nowo tworzo-
nego łańcucha polipeptydowego. tRNA ma charakterystyczną
strukturę przypominającą odwróconą literę L (**ryc. II.6.6.**).
- Rybosomowy RNA (rRNA)** – wchodzi w skład rybosomów.
Rybosomy zawierają od 50 do 65% RNA. rRNA ma właściwo-
ści katalityczne i bierze udział w syntezie białek.



Każdy z głównych rodzajów RNA występuje w wielorakich formach molekularnych. Istnieją zatem 3–4 rodzaje rRNA, ok. 60 typów tRNA i tysiące mRNA.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

- Opisz w zeszycie składniki nukleotydu i podaj różnice pomiędzy nukleotydami budującymi DNA i RNA.



- Stosując zasadę komplementarności, do podanej poniżej nici DNA dopisz w zeszycie drugą:
AATTCGTCACCGTACG
- Wymień i scharakteryzuj rodzaje RNA komórkowego.
- Oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.

Zdanie	P/F
1. W DNA jest zapisana informacja o budowie wszystkich białek organizmu.	...
2. Struktura RNA to dwuniciowa, prawoskrętna helisa.	...
3. W skład nukleotydów kwasów nukleinowych wchodzi jedna zasada purynowa i jedna pirymidynowa.	...
4. tRNA jest składnikiem rybosomów i ma właściwości katalityczne.	...

PODSUMOWANIE LEKCJI

Kwasy nukleinowe funkcjonują jako cząsteczki informacyjne w komórce. DNA przenosi informację genetyczną, a RNA bierze udział w jej realizacji – syntezie białek.

DNA i RNA są liniowymi polimerami zbudowanymi z **nukleotydów**. W skład nukleotydu wchodzi zasada azotowa, cukier i reszta fosforanowa. W DNA cukrem jest deoksyryboza, a zasadami: adenina, guanina, cytozyna i tymina. Nukleotydy RNA zawierają cukier (ryboza) oraz zasady (adenina, guanina, cytozyna i uracyl).

Cząsteczki DNA **składają się z dwóch łańcuchów** (nici) polinukleotydowych zwiniętych spiralnie i tworzących podwójną helisę.

W komórkach eukariotycznych DNA jest związany z białkami – **histonami** – i silnie skręcony, co pozwala na ciasne upakowanie całej cząsteczki w jądrze komórkowym.

Cząsteczki RNA są zwykle **jednoniciowe**, ale potrafią się zwiijać, tworząc rozmaite struktury (np. tzw. **spinkę do włosów**) uzależnione od pełnionych przez nie funkcji.

s. 62

s. 62

s. 63

s. 65

s. 66



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Skład chemiczny organizmu

- s. 22 • Związki chemiczne dzielimy na **nieorganiczne** i **organiczne**.
- s. 23 • Pierwiastki budujące organizmy dzielimy na **makroelementy**, **mikroelementy** i **ultraelementy** (pierwiastki śladowe).
- s. 23 • **Pierwiastki biogenne** to sześć podstawowych makroelementów budujących związki organiczne wszystkich organizmów.
- s. 28 • **Woda** to podstawowy związek nieorganiczny każdego organizmu. Jest **dobrym rozpuszczalnikiem** i środowiskiem zachodzenia reakcji chemicznych.
- s. 29 • Woda ma duże znaczenie dla funkcjonowania organizmów dzięki wysokiej temperaturze topnienia i wrzenia, dużemu ciepłu właściwemu i dużemu **napięciu powierzchniowemu**.

2. Organiczne związki węgla

- s. 32 • Chemia organiczna zajmuje się badaniem **związków węgla**.
- s. 32 • Atomy węgla łączą się ze sobą oraz z atomami innych pierwiastków, tworząc cząsteczki o różnych kształtach i funkcjach.
- s. 33 • **Grupy funkcyjne** (hydroksylowa, karbonylowa, karboksylowa, aminowa, fosforanowa i sulfhydrylowa) nadają związkowi określone właściwości i determinują ich aktywność biologiczną.
- s. 33 • **Makrocząsteczki** (białka, węglowodany i kwasy nukleinowe) są polimerami zbudowanymi z monomerów.

3. Węglowodany – budowa i znaczenie

- s. 37 • Węglowodany pełnią **funkcje** zapasowe (skrobia, glikogen), budulcowe (celuloza, chityna) oraz strukturalne (np. ryboza i deoksyryboza wchodzi w skład RNA i DNA).
- s. 35 • Węglowodany składają się z różnej liczby reszt cukrowych: jednej (**monosacharydy**), dwóch (**disacharydy**) lub wielu (**polisacharydy**).
- s. 36 • **Monosacharydy** to aldehydy lub ketony zawierające dwie lub więcej grup hydroksylowych. Zaliczamy do nich glukozę, fruktozę, galaktozę, rybozę i deoksyrybozę. **Glukoza** jest podstawowym paliwem energetycznym komórki.
- s. 37 • **Disacharydy** są zbudowane z dwóch reszt cukrowych połączonych wiązaniem glikozydowym. Do najważniejszych disacharydów zaliczamy: sacharozę (połączenie reszt glukozy i fruktozy), maltozę (połączenie dwóch reszt glukozy) i laktozę (połączenie reszty glukozy i galaktozy).
- s. 39 • Większość węglowodanów stanowią **polisacharydy**.

4. Lipidy – budowa i znaczenie biologiczne

- s. 46 • Lipidy stanowią **magazyn energii** (triacyloglicerole) oraz są **głównym składnikiem budulcowym błon biologicznych** (fosfolipidy).
- s. 47 • Tłuszcze proste (triacyloglicerole i woski) to **estry alkoholi** i wyższych kwasów tłuszczowych.
- s. 50 • **Fosfolipidy** to przykłady tłuszczów złożonych, zbudowane z glicerolu, do którego są przyłączone wiązaniem estrowym dwie reszty kwasów tłuszczowych i reszta kwasu fosforowego.
- s. 50 • Fosfolipidy są **cząsteczkami amfipatycznymi**, co oznacza, że jedna ich część ma powinowactwo z wodą, a druga jest hydrofobowa.
- s. 51 • **Cholesterol** jest steroidem wchodzącym w skład zwierzęcych błon komórkowych oraz prekursorem ważnych cząsteczek biologicznych (np. hormonów).

5. Białka – najważniejszy składnik organizmu

- s. 54 • Podstawę **wszystkich procesów życiowych** stanowią **białka**.
- s. 54 • **Białka** dzielimy, ze względu na kształt, na **globularne** i **fibrylarne**, a ze względu na funkcje – na enzymatyczne, strukturalne, zapasowe, transportujące, hormonalne, receptorowe, obronne.
- s. 56 • Białka są zbudowane z zestawu **dwudziestu aminokwasów**, które łączą się ze sobą wiązaniami peptydowymi w określonej sekwencji.
- s. 57 • **Aminokwasy białkowe** dzielimy na niepolarne, polarne bez ładunku, polarne z ładunkiem dodatnim i polarne z ładunkiem ujemnym.
- s. 58 • **Aminokwasy egzogenne** to takie, których organizm człowieka nie potrafi syntezować i trzeba je dostarczać wraz z pożywieniem.
- s. 59 • **Denaturacja** prowadzi do zniszczenia struktury przestrzennej i utraty aktywności białka.



6. Budowa i funkcje kwasów nukleinowych

- **DNA** przenosi informację genetyczną, a **RNA** bierze udział w jej realizacji – syntezie białek. s. 62
- DNA i RNA są liniowymi polimerami zbudowanymi z **nukleotydów**. W skład nukleotydu wchodzi zasada azotowa, cukier i reszta fosforanowa. s. 62
- Funkcję cukru w DNA pełni deoksyryboza, a zasadami są: adenina, guanina, cytozyna i tymina. Nukleotydy RNA zawierają cukier (ryboza) oraz zasady (adenina, guanina, cytozyna i uracyl). s. 62
- Częsteczki DNA **składają się z dwóch łańcuchów** (nici) polinukleotydowych zwiniętych spiralnie i tworzących podwójną helisę. s. 63
- W komórkach eukariotycznych DNA jest związany z białkami – **histonami**. s. 65
- Częsteczki RNA są zwykle **jednoniciowe**, ale potrafią się związać, tworząc rozmaite struktury (np. tzw. **spin-kę do włosów**) uzależnione od pełnionych przez nie funkcji. s. 66

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

1. Pierwiastki, które występują w organizmach żywych, dzielimy na makroelementy, mikroelementy i ultraelementy.

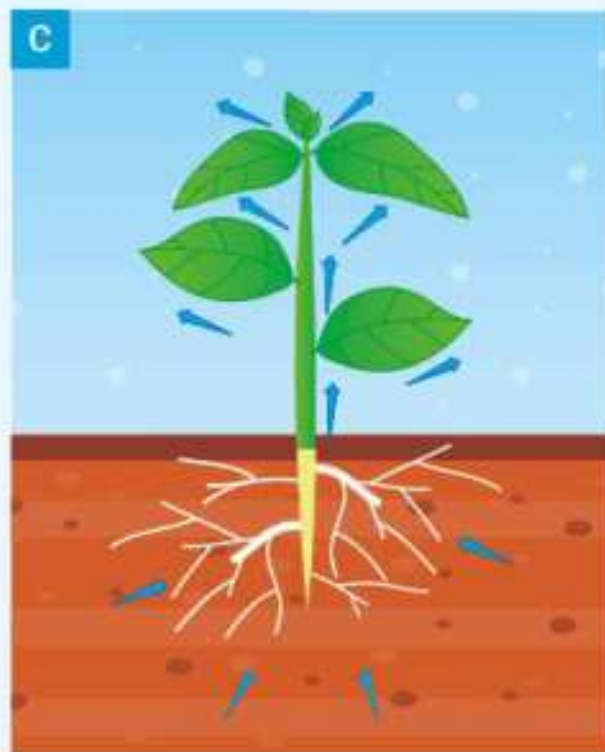
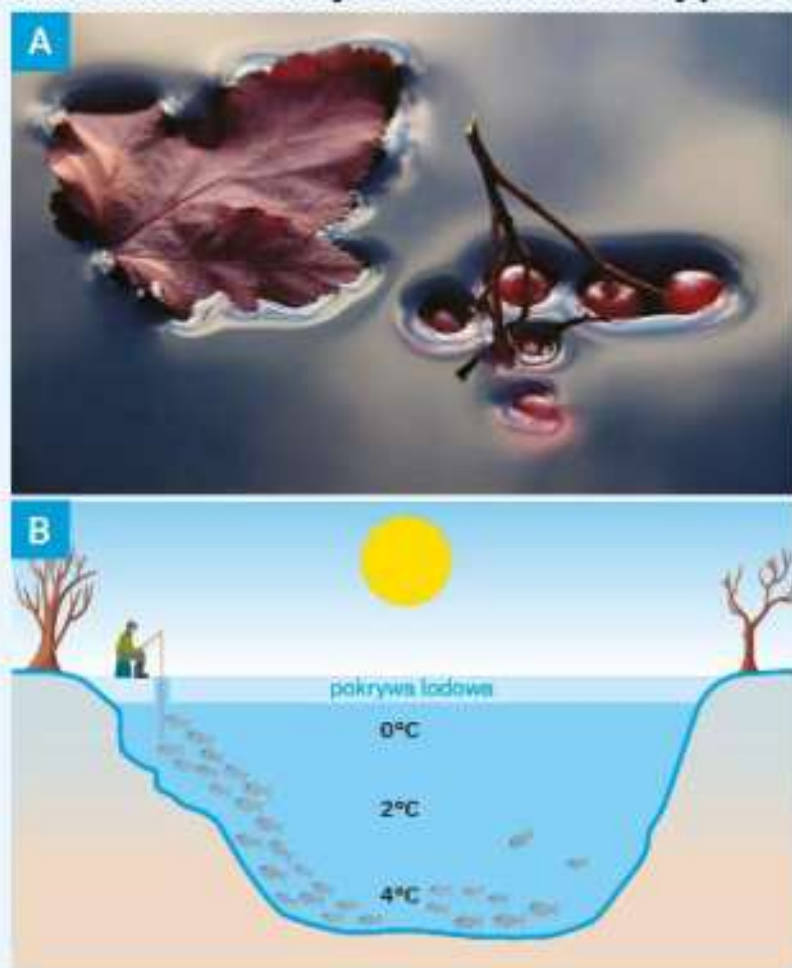
a) **Wpisz wymienione pierwiastki do odpowiednich kolumn tabeli przerysowanej do zeszytu.**

C, H, O, A, P, S, Ca, Fe, F, J, Cu, Au, Ag, Se, Ni

Makroelementy	Mikroelementy	Ultraelementy
...	...	...

b) **Wypisz symbole pierwiastków biogennych z podanych w punkcie a) i podaj ich znaczenie.**

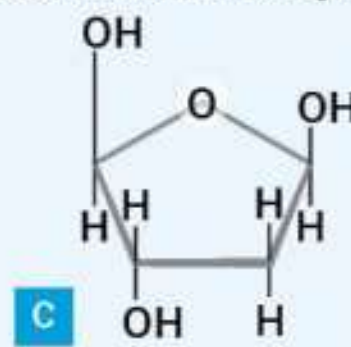
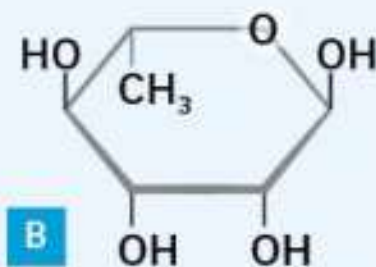
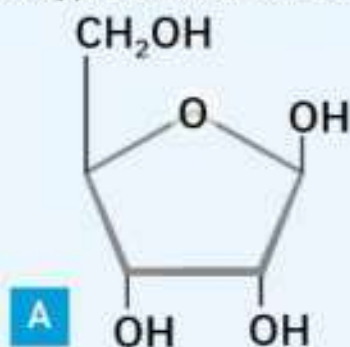
2. Jakie właściwości fizyczno-chemiczne wody przedstawiono na ilustracjach?



3. Triacyloglicerole należą do lipidów właściwych. **Które z poniższych grup funkcyjnych nie zawierają triacylogliceroli? Wskaż poprawną odpowiedź.**

- grupa hydroksylowa
- grupa fosforanowa
- grupa karboksylowa
- grupa metylowa

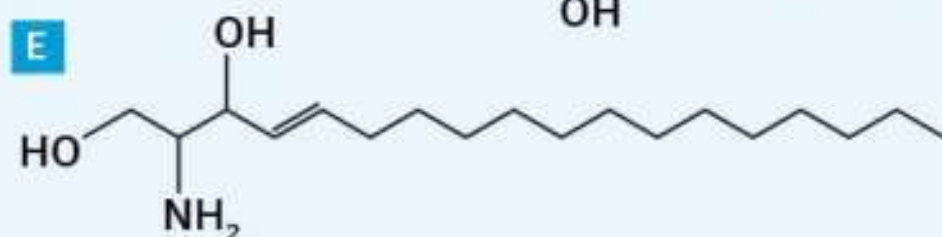
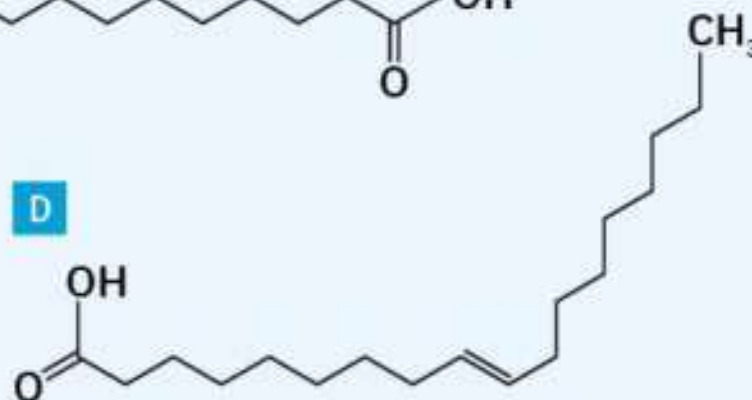
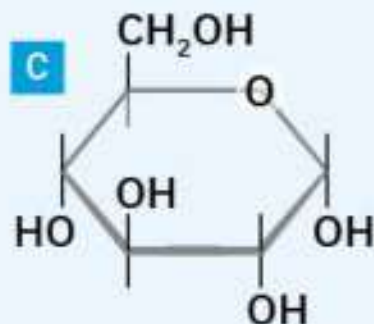
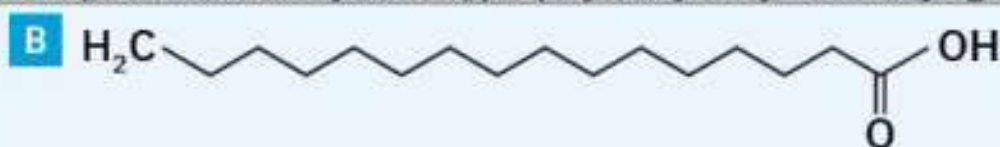
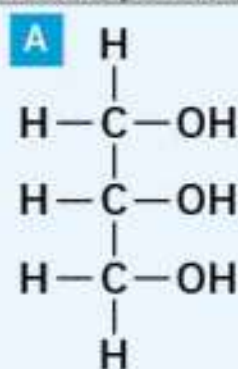
4. Poniżej przedstawiono wzory monosacharydów. Wskaż, który z nich jest składnikiem nukleotydów RNA.



5. Oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.

Zdanie	P/F
1. Skrobia jest materiałem zapasowym u roślin i zwierząt.	...
2. Częsteczka glikogenu jest zbudowana z reszt glukozy i fruktozy.	...
3. Chityna buduje pancerze stawonogów i ścianę komórkową grzybów.	...
4. Celuloza jest podstawowym składnikiem błonnika pokarmowego.	...

6. Które z poniższych związków należałoby ze sobą połączyć, aby otrzymać triacyloglicerol?



7. Przerysuj tabelę podsumowującą sposoby wykrywania związków organicznych w materiale biologicznym do zeszytu i uzupełnij ją.

Grupa związków organicznych	Reakcja	Badany materiał	Opis
węglowodany	...	...	...
...	biuretowa	...	...
...	...	olej słonecznikowy	...



III. Komórka jako podstawowa jednostka budulcowa organizmów

- ▶ 1. Cechy organizmów żywych
- ▶ 2. Główne cechy komórek
- ▶ 3. Ultrastruktura komórki zwierzęcej
- ▶ 4. Jądro komórkowe – centrum informacji komórki
- ▶ 5. Cytoplazma – wewnętrzne środowisko komórki
- ▶ 6. Mitochondrium – centrum energetyczne komórki



1. Cechy organizmów żywych

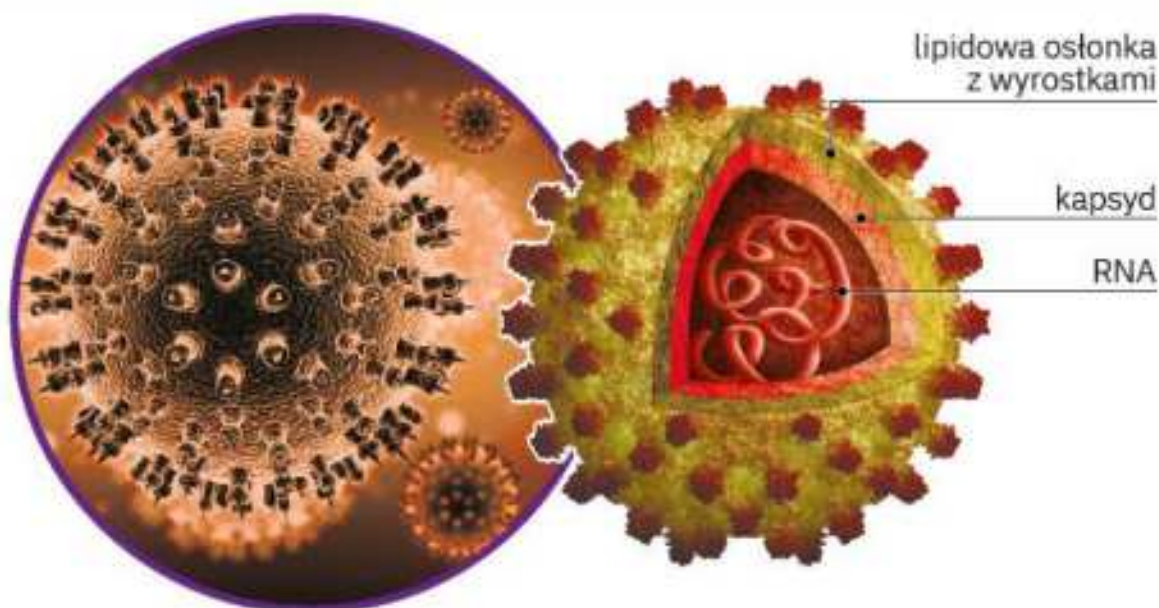
NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, jakimi cechami wyróżniają się organizmy żywe;
- poznasz budowę komórki prokariotycznej, eukariotycznej i grzybowej.

czynności życiowe
organizmów

wirusy

Wszystkie organizmy żywe w odróżnieniu od elementów nieożywionych charakteryzują się podejmowaniem **czynności życiowych**: odżywiania, oddychania, wydalania, ruchu, wzrostu i rozwoju, rozmnażania, reakcji na bodźce. Są zbudowane z komórek, czyli najmniejszych jednostek strukturalnych zdolnych do wykonywania tych czynności. Teorię komórkowej budowy organizmów sformułowano w XIX wieku. Znane są jednak struktury, które nie mają budowy komórkowej, ale wykazują cechę organizmów żywych: zdolność namnażania. To **wirusy** (ryc. III.1.1.).



Ryc. III.1.1. Wirus jest zbudowany z materiału genetycznego – kwasu nukleinowego DNA lub RNA, otoczonego osłonką białkową zwaną kapsydem. Niektóre wirusy mają zewnętrzną osłonkę lipidową z wypustkami glikoproteinowymi. Model budowy wirusa opryszczki pospolitej (HSV *Herpes simplex*).

Podział organizmów

Komórka stanowi podstawową jednostkę budulcową organizmów prokariotycznych i eukariotycznych.

organizmy
prokariotyczne

Ze względu na różnice w budowie komórek organizmy żywe dzielimy na **organizmy prokariotyczne**, do których zaliczamy bakterie, sinice i archeony (archeobakterie), oraz **organizmy eukariotyczne**, które podzielono na protista, grzyby, rośliny i zwierzęta (ryc. III.1.2.). Komórki organizmów prokariotycznych nie mają jądra komórkowego, a materiał genetyczny w postaci kwasu DNA znajduje się bezpośrednio w cytoplazmie. Komórki **organizmów eukariotycznych** mają jądro komórkowe.

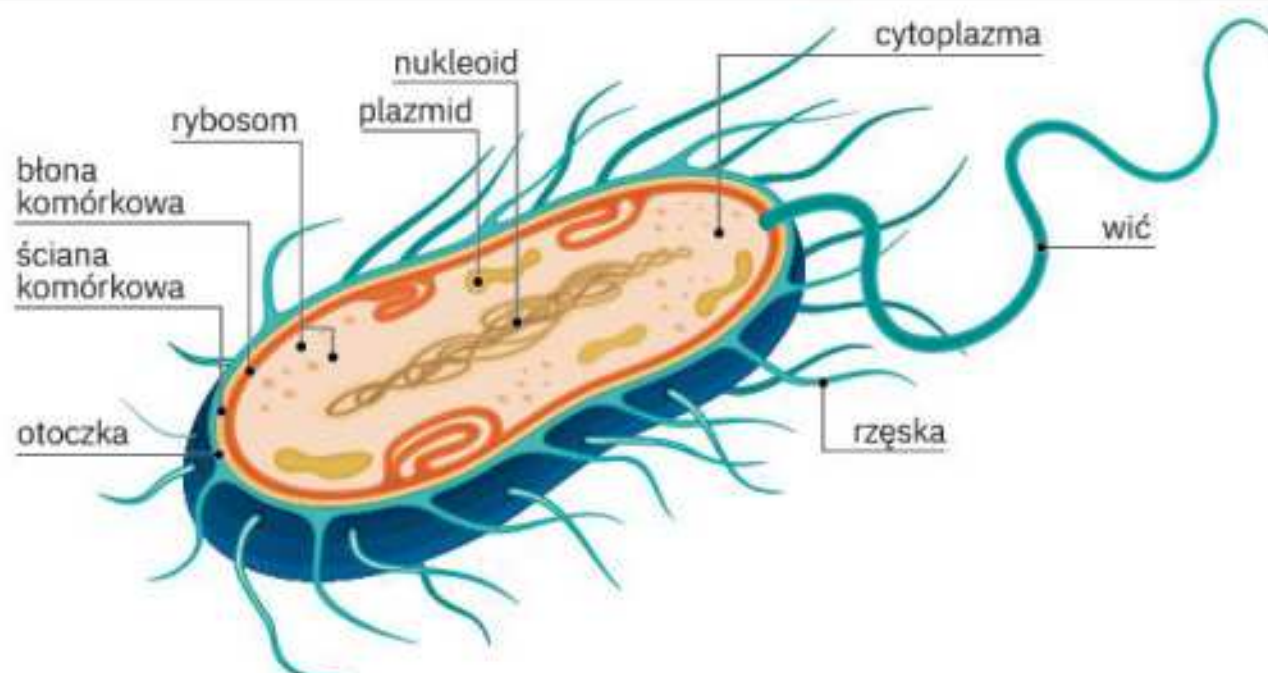


Ryc. III.1.2. Podział organizmów na prokariotyczne i eukariotyczne.

■ Komórki prokariotyczne

W komórkach prokariotycznych DNA nie występuje w jądrze komórkowym, ale w postaci nukleoidu, na nieotoczonej błoną obszarze cytoplazmy. Od środowiska zewnętrznego komórki prokariotyczne są oddzielone ścianą komórkową zbudowaną z mureiny. Wiele z nich wytwarza śluzowe otoczki. Niektóre prokarioty mają wici (rzęski), które ułatwiają lokomocję. Wnętrze komórki wypełnia cytoplazma, w której znajdują się rybosomy (synteza białka) oraz koliste cząsteczki DNA – plazmidy (m.in. decydują o cechach bakterii takich jak np. odporność na antybiotyki). W komórkach prokariotycznych nie występują organelle otoczone błoną. Organizmy prokariotyczne są pojedynczymi komórkami, w których zachodzą wszystkie czynności życiowe (**ryc. III.1.3.**).

budowa komórki prokariotycznej



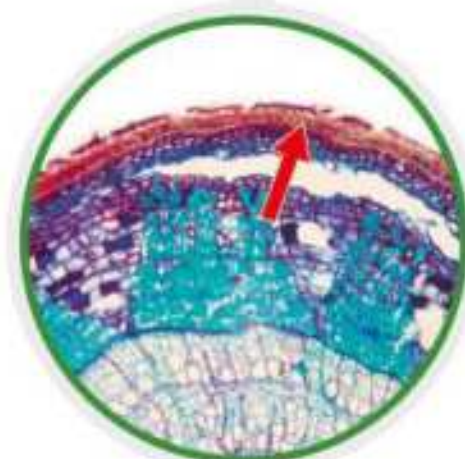
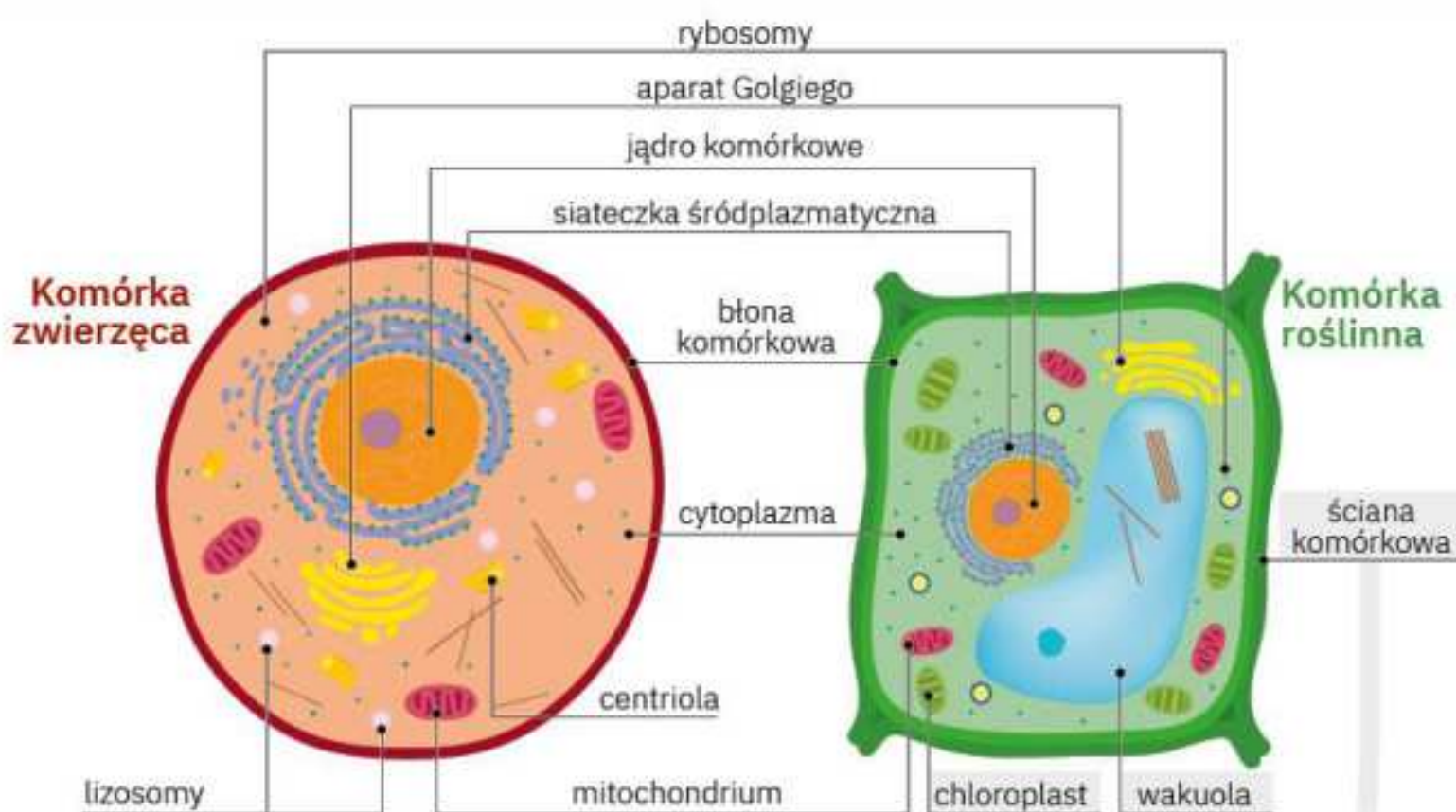
Ryc. III.1.3. Komórka bakteryjna.



■ dodatkowe
elementy budowy

■ Komórki eukariotyczne

Wszystkie komórki eukariotyczne wyposażone są w obłonione organelle komórkowe, do których należy przede wszystkim jądro komórkowe otoczone błoną komórkową. Komórkę eukariotyczną od środowiska pozakomórkowego oddziela błona komórkowa, a w komórkach roślin, grzybów i niektórych pierwotniaków – **dodatkowo ściana komórkowa** (ryc. III.1.4.). Wnętrze komórki eukariotycznej wypełnia cytoplazma, w której znajdują się wyspecjalizowane organelle komórkowe odpowiedzialne za czynności życiowe komórki. Występuje też cytoszkielet – rusztowanie, które odpowiada za kształt komórki i transport wewnątrzkomórkowy. Niektóre organelle, np. **chloroplasty**, w których zachodzi proces fotosyntezy, są charakterystyczne tylko dla komórek roślin lub pierwotniaków. W komórkach roślin i grzybów występuje wakuola, a jej odpowiedniki u pierwotniaków to wodniczki (tętniące lub pokarmowe).

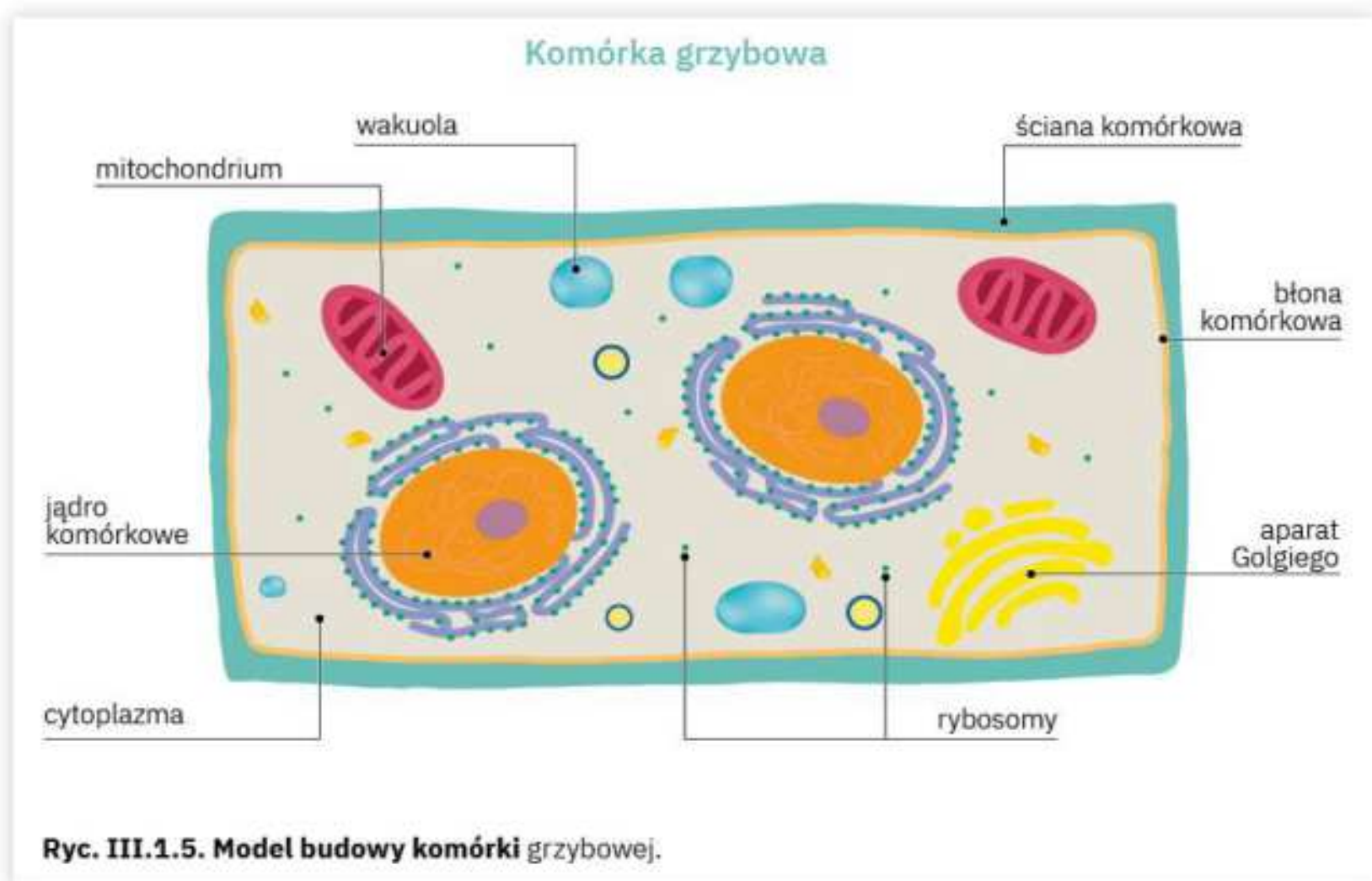


Ryc. III.1.4. Model budowy komórki zwierzęcej i roślinnej.



■ Komórki grzybów

Eukariotyczne komórki grzybów są otoczone ścianą komórkową zbudowaną z chityny. Nie mają chloroplastów (ryc. III.1.5.).



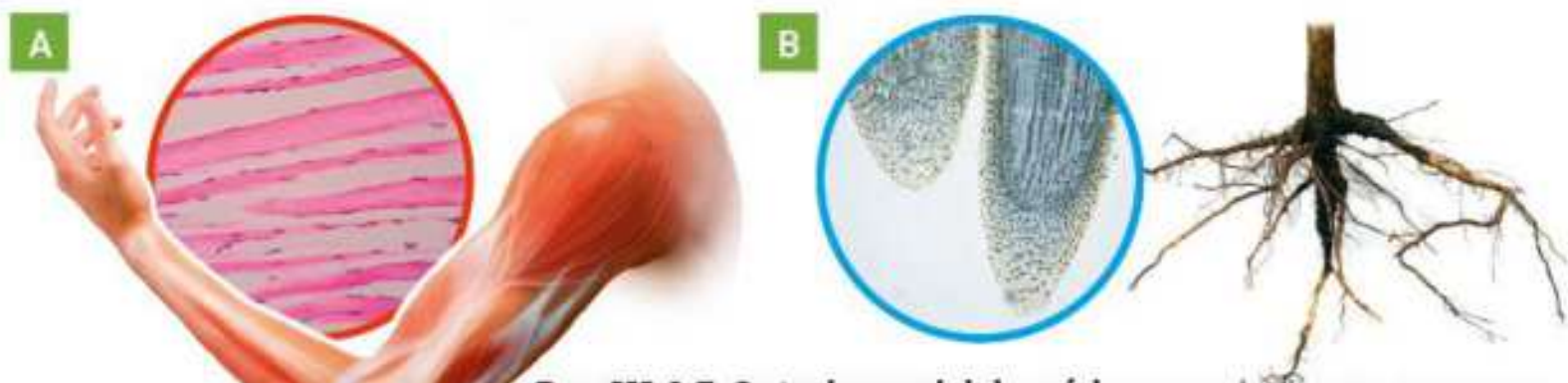
Organizmy eukariotyczne mogą być koloniami jednakowych komórek (np. kolonia skrętnicy) lub komórek wyspecjalizowanych w pełnieniu różnych funkcji (kolonia toczka) (ryc. III.1.6.).

Ryc. III.1.6. Kolonia toczka (*Volvox*) należącego do zielenic składa się ze stałej liczby komórek, które wyspecjalizowały się w pełnieniu różnych funkcji. Komórki położone na powierzchni kolonii odpowiadają za funkcje wegetatywne, a w jej wnętrzu – za rozmnażanie.





W organizmach roślin i zwierząt komórki łączą się w funkcjonalne struktury, które tworzą tkanki (ryc. III.1.7.).



Ryc. III.1.7. Organizmy wielokomórkowe są zbudowane z szeregu wyspecjalizowanych komórek pełniących określone funkcje: A. włókna mięśniowe poprzecznie prążkowane, B. komórki stożka wzrostu korzenia.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wymień trzy cechy wspólne wszystkich komórek. Wyjaśnij, dlaczego wirusów nie zaliczamy do organizmów żywych.
2. Omów pięć różnic między komórkami eukariotycznymi i prokariotycznymi.
3. Wytłumacz przyczynę prostej budowy komórki prokariotycznej w porównaniu z komórką eukariotyczną.
4. Na podstawie dostępnych źródeł informacji wyjaśnij, dlaczego grzyby zaliczamy do odrębnego królestwa.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 72

Organizmy wykazują podstawowe **czynności życiowe**: odżywianie, oddychanie, wydalenie, ruch, wzrost i rozwój, rozmnażanie, reakcja na bodźce.

s. 72

Komórka jest podstawową jednostką strukturalną i funkcjonalną każdego organizmu.

s. 72

Istnieją struktury, które nie mają budowy komórkowej, ale wykazują cechy organizmów żywych. Są nimi **wirusy**.

s. 72

Organizmy, których komórki nie mają jądra komórkowego, a materiał genetyczny znajduje się w cytoplazmie, to **organizmy prokariotyczne**. Zaliczamy do nich bakterie – organizmy jednokomórkowe.

s. 73

Komórki prokariotyczne mają **prostą budowę wewnętrzną**. Zawierają cytoplazmę, rybosomy i nukleoid. Są otoczone błoną i ścianą komórkową.

s. 74

Organizmy, których komórki mają jądro komórkowe, to **organizmy eukariotyczne**. Zaliczamy do nich pierwotniaki (dawniej protisty), grzyby, rośliny i zwierzęta. Są to organizmy zarówno jednokomórkowe, jak i wielokomórkowe.

s. 74

Komórki eukariotyczne mają bardziej złożoną budowę niż prokariotyczne. Oprócz jądra zawierają cytoplazmę, rybosomy, mitochondria, cytoszkielet i struktury otoczone błoną, których brak w komórce prokariotycznej.

s. 75

Komórki roślin, grzybów i niektórych pierwotniaków mają **dodatkowo ścianę komórkową** i wakuolę, a komórki roślin i niektórych pierwotniaków – chloroplasty.



2. Główne cechy komórek

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, jakie kształty i rozmiary mają komórki;
- zauważysz zależność między rozmiarem komórki a pełnionymi przez nią funkcjami.

Komórki prokariotyczne mają **wymiary** rzędu kilku mikrometrów (μm , $1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$) i są wyraźnie mniejsze od komórek eukariotycznych. Komórki eukariotyczne są około **10-krotnie większe**. Ich wymiary wynoszą zazwyczaj od kilkunastu do kilkudziesięciu mikrometrów. Tylko niektóre komórki można dostrzec gołym okiem, np. komórki jajowe ptaków, ale większość widać tylko pod mikroskopem świetlnym lub elektro-nowym (wymiary od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów) (**ryc. III.2.1.**).

wymiary komórek



Ryc. III.2.1. Największe komórki: u roślin to komórki ramii indyjskiej (*Boehmeria nivea* (L.) Gaudich.), które osiągają 50 cm długości (A), a u zwierząt komórka jaja strusiego o średnicy 30 cm (B) oraz komórki nerwowe, których włókna mogą osiągać długość 1 m (C).

Komórki mają ograniczoną wielkość. Głównym czynnikiem decydującym o jej wielkości jest **stosunek jej powierzchni do objętości**. Podczas powiększania rozmiarów szybciej wzrasta objętość niż powierzchnia komórki. Ta tendencja jest niekorzystna dla dyfuzji substancji potrzebnych dla prawidłowego funkcjonowania komórki oraz usuwania zbędnych produktów przemiany materii. Mniejsza powierzchnia błony oznacza mniejszy transport substancji. Im będzie większa powierzchnia komórki, tym więcej cząsteczek będzie dyfundować przez błonę komórki i więcej produktów przemiany materii zostanie wydanych z komórki. Dlatego w komórkach o małych wymiarach sprawniej przebiegają procesy metaboliczne. Często komórki duże, aby skutecznie zwiększyć swoją powierzchnię, są długie i cienkie.

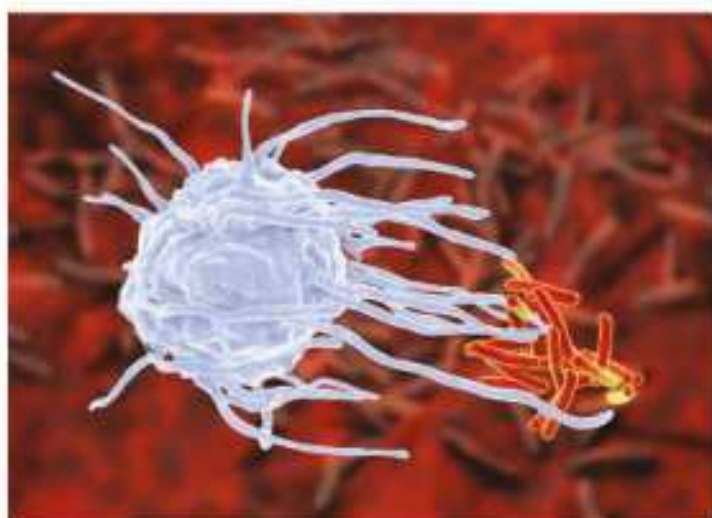
stosunek
powierzchni
do objętości
komórki

Przykładowo – jeśli komórki mają postać sześcianu (**ryc. III.2.2.**), to jedna duża komórka o krawędzi 2 cm ma taką samą objętość, co osiem małych komórek o krawędzi 1 cm i takim samym kształcie. Natomiast pole powierzchni komórki dużej jest dwa razy mniejsze w porównaniu z polem wszystkich małych komórek. Im większa będzie powierzchnia komórki, tym więcej cząsteczek będzie dyfundować przez błonę do komórki lub więcej produktów przemiany materii zostanie wydanych. Dlatego w małych komórkach sprawniej przebiegają procesy metaboliczne.



wielkość i kształt komórek

Wielkość i kształt komórek zależy od funkcji, jakie pełnią. Przykładem są płaskie komórki na powierzchni naskórka czy gwiaździste komórki nerwowe z wypustkami, które u człowieka mogą osiągać długość nawet jednego metra. Pozwala to na przekazywanie informacji na dużą odległość i usprawnia działanie układu nerwowego. Niektóre komórki mogą podczas ruchu zmieniać kształt, np. komórki układu odpornościowego – makrofagi (ryc. III.2.3.).



Ryc. III.2.3. Makrofagi są polimorficzne – charakteryzują się zmiennym kształtem. Wyglądem przypominają amebę z wypustkami.

Komórki mogą różnić się kształtem, wielkością czy złożonością budowy, ale mają jednak **cechy wspólne**, które czynią je zdolnymi do życia, rozwoju i podziału. Są to: skład chemiczny, obecność błony komórkowej, zdolność do przekształcania energii, występowanie rybosomów, zapisywanie i przekazywanie informacji genetycznej oraz wypełnienie wnętrza komórki cytoplazmą.

Obserwacja

Obserwacja różnych kształtów, wielkości i form komórek

Samodzielnie przygotuj preparaty mikroskopowe, np. z liścia moczarki kanadyjskiej czy skórki liścia spichrzowego cebuli. Skorzystaj także z preparatów trwałych tkanek roślinnych i zwierzęcych (np. tkanka nabłonkowa i mięśniowa) dostępnych w pracowni biologicznej. Dokonaj porównania wymiarów i kształtów obserwowanych komórek. Wnioski zapisz w tabeli w zeszycie. Uwzględnij w niej również rysunki wybranych dwóch komórek roślinnych lub zwierzęcych.



Ryc. III.2.4. Mikrofotografia komórek liścia moczarki kanadyjskiej.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, dlaczego większość komórek eukariotycznych ma małe rozmiary.
2. Na podstawie wybranych komórek, np. komórki nerwowej, komórki tkanki nabłonkowej czy komórki tkanki przewodzącej roślin, wytłumacz związek budowy i kształtu z pełnioną funkcją.
3. Wymień trzy cechy wspólne wszystkich komórek.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Komórki eukariotyczne są większe od prokariotycznych. Większość komórek ma **wymiary mikroskopowe**.

s. 77

Wielkość komórek jest wyrażona **stosunkiem powierzchni komórki do jej objętości**.

s. 77

Małe komórki mają **korzystny stosunek powierzchni do objętości**, co umożliwia dostarczanie niezbędnych do funkcjonowania cząsteczek do wnętrza komórki i usuwanie z niej zbędnych metabolitów.

s. 77

Wielkość i kształt komórek są związane z jej funkcją.

s. 78

Cechy wspólne komórek to: skład chemiczny, obecność błony komórkowej, cytoplazmy i rybosomów, przekształcanie energii oraz zapisywanie i przekazywanie informacji genetycznej.

s. 78

3. Ultrastruktura komórki zwierzęcej

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz system i budowę błon biologicznych;
- dowiesz się, jakie występują rodzaje transportu przez błony biologiczne.

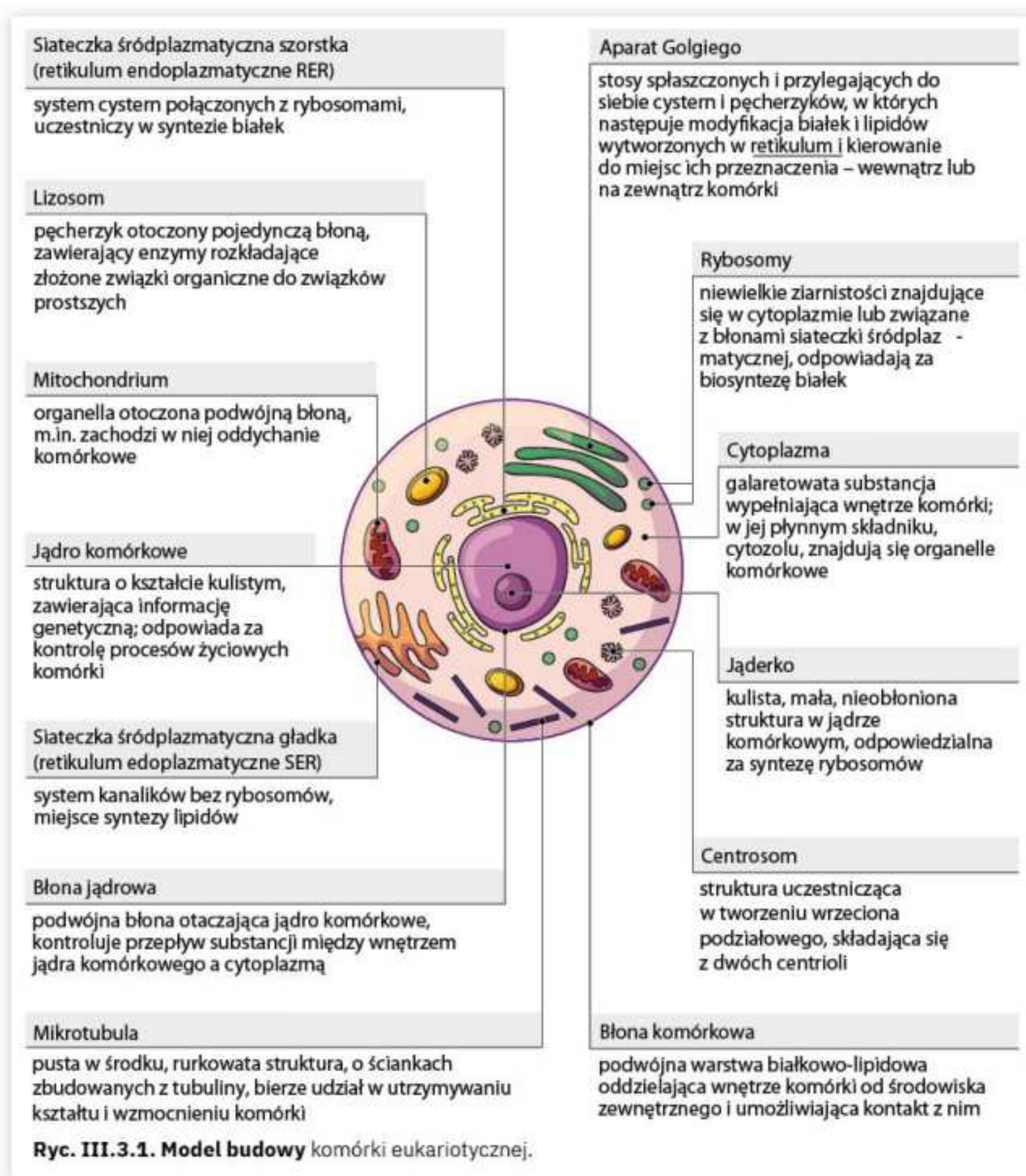
W budowie komórki wyróżniamy dwa rodzaje składników: **składniki plazmatyczne** i nieplazmatyczne. Do składników plazmatycznych należą jądro komórkowe i cytozol ze wszystkimi znajdującymi się w nim organellami komórkowymi.

składniki
plazmatyczne

Składniki nieplazmatyczne to wakuola i ściana komórkowa. Występują tylko w niektórych rodzajach komórek.

Komórka eukariotyczna jest zbudowana z **protoplazmy**, w skład której wchodzi cytoplazma i centralnie położone jądro komórkowe. W cytozolu, czyli płynnym składniku cytoplazmy, znajdują się **organelle komórkowe** różniące się budową i funkcjami: siateczka śródplazmatyczna, aparaty Golgiego, lizosomy, mitochondria, rybosomy i centriole (**ryc. III.3.1.**).

organelle
komórkowe



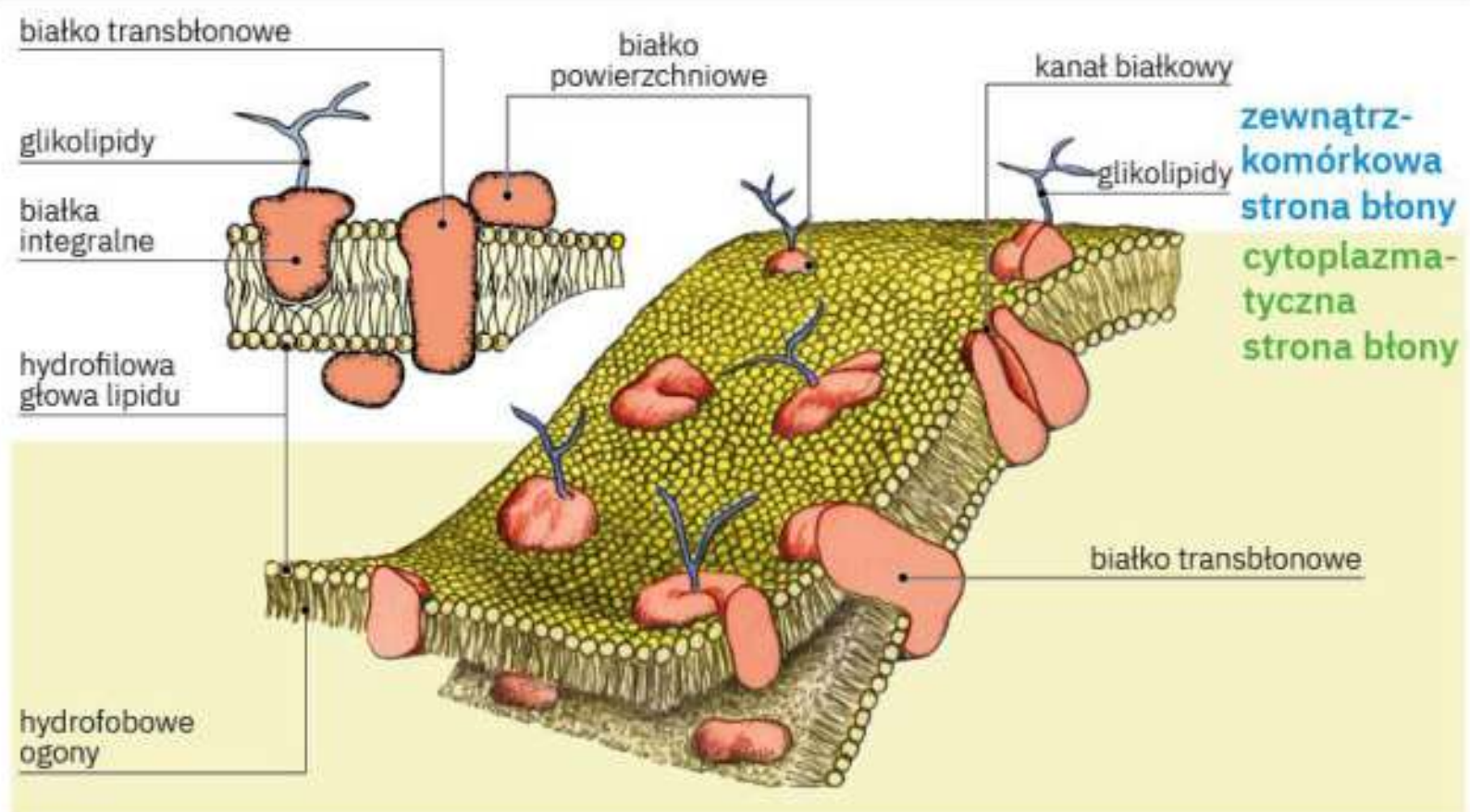
Błony biologiczne

błony
plazmatyczne

System błon biologicznych (plazmatycznych) dzieli wnętrze komórki na mniejsze przedziały, utrzymujące organelle komórkowe w odpowiednim położeniu w komórce, tworząc szlaki transportu wewnątrzkomórkowego. Od środowiska zewnętrznego komórkę oddziela błona komórkowa (plazmalemma), która zapewnia kontakt komórki z otoczeniem.



Wszystkie błony mają podobny schemat budowy. Składają się z dwóch warstw lipidów oraz białek (**ryc. III.3.2.**). Grubość błony komórkowej wynosi zaledwie 70 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Lipidy występujące w błonach to: fosfolipidy, glikolipidy, steroidy (cholesterol). Częsteczki fosfolipidów, które stanowią podstawę struktury błony, mają dwa bieguny: hydrofobowy ogon, unikający kontaktu z wodą, i hydrofilowy (główki), swobodnie oddziaływający z wodą. Taka budowa wymusza utworzenie przez fosfolipidy dwuwarstwy, w której cząsteczki hydrofobowe są zwrócone do siebie, a hydrofilowe na zewnątrz.



Ryc. III.3.2. Model przestrzennej budowy błony komórkowej.

Drugi po lipidach składnik błony komórkowej to **białka błonowe**. Białka te, w zależności od sposobu rozmieszczenia i związania z dwuwarstwą fosfolipidową, spełniają różne funkcje. Białka powierzchniowe (peryferyczne) są luźno związane z błoną za pomocą innych białek. Natomiast białka integralne są mocno i bezpośrednio połączone z błoną komórkową. Mogą przechodzić całkowicie (białka transbłonowe) przez dwuwarstwę lipidową lub być częściowo w niej zanurzone. Białka błonowe pełnią różnorodne funkcje, np. wzmacniają błonę, są receptorami komórkowymi czy uczestniczą w transporcie substancji.

Właściwości błon biologicznych

Właściwości błon biologicznych wynikają z ich budowy. Płynność błony jest wynikiem przemieszczania fosfolipidów w obrębie dwuwarstwy lipidowej. Im krótsze są ogony fosfolipidów, tym bardziej płynna jest błona komórkowa. Ruch fosfolipidów powoduje, zmniejsza się między nimi zdolność do wzajemnego oddziaływania i przemieszczanie się białek błonowych. Taki model budowy błony ko-

**model płynnej mozaiki**

mórkowej nazywamy **modelem płynnej mozaiki** (mozaika – białka nieregularnie rozmieszczone, płynna – fosfolipidy i białka znajdują się w ciągłym ruchu). **Płynność błony** w komórkach zwierzęcych jest regulowana przez cholesterol. Częsteczki cholesterolu, wnikając między cząsteczki fosfolipidów, usztywniają błonę komórkową, regulując jej płynność i przepuszczalność.

asymetria błony

Błona komórkowa jest asymetryczna. **Asymetria błony** wynika z własnego zestawu lipidów i białek każdej z warstw. Przykładem asymetrii jest obecność na zewnętrznej powierzchni błon komórek zwierzęcych glikokaliksu – połączenia cukrów z białkami (glikoproteiny) lub lipidami (glikolipidy). **Glikokaliks** chroni powierzchnię komórki przed uszkodzeniami mechanicznymi i chemicznymi oraz pełni ważną funkcję przy rozpoznawaniu komórek przez układ odpornościowy.

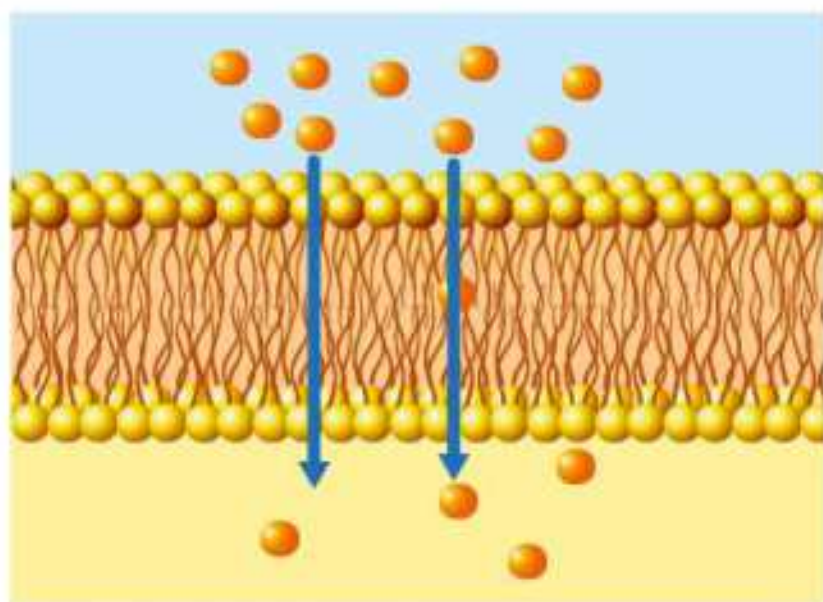
Błony komórkowe nigdy nie są syntetyzowane od nowa i nie tracą swojej ciągłości. W przypadku utraty części błony komórka odtwarza ją poprzez rozbudowanie już istniejącej.

Błona komórkowa jest **selektywnie przepuszczalna** (półprzepuszczalna), czyli reguluje przepływ cząsteczek.

Przez błonę łatwo przechodzą woda, gazy (np. O_2 , N_2 , CO_2) oraz małe nienatadowane cząsteczki polarne, np. etanol. Z trudem przez błonę dyfunduje glicerol, dwukrotnie większy od etanolu. Żadnej możliwości przejścia przez dwuwarstwę lipidową nie mają jony ani większe cząsteczki polarne bez ładunku, np. glukoza, nukleotydy, aminokwasy. Transport tych cząsteczek przez błonę wymaga obecności białek błonowych.

transport przez błony komórkowe**Transport przez błony komórkowe**

Transport przez błony komórkowe dzieli się na bierny, bez udziału energii, i czynny (aktywny), wymagający nakładu energii.

transport bierny**■ Transport bierny****Ryc. III.3.3. Dyfuzja prosta.**

Cząsteczki przenikają – dzięki różnicy stężeń we wnętrzu komórki i w jej otoczeniu – od stężenia większego do mniejszego, czyli zgodnie z **gradientem stężeń** (ryc. III.3.3.).

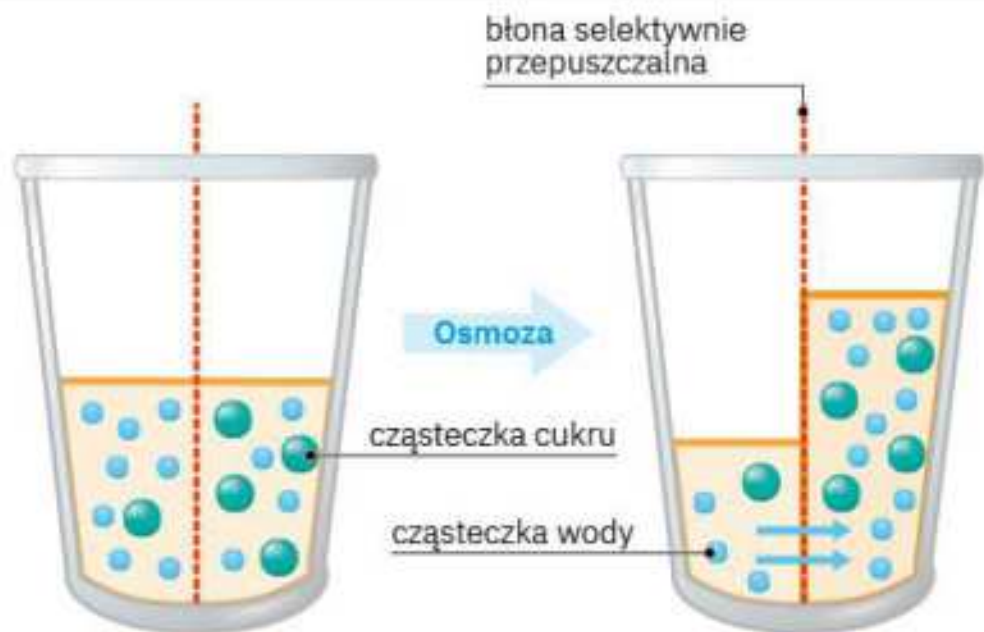
Transport ten zachodzi bez nakładu energii i udziału specyficznych integralnych białek błonowych. W ten sposób transportowane są: cząsteczki niepolarne, np. O_2 , CO_2 , i polarne, np. H_2O , NH_3 .



osmoza

Odmianą dyfuzji prostej jest **osmoza**, czyli przenikanie wody (rozpuszczalnika) przez selektywnie przepuszczalną błonę biologiczną (**ryc. III.3.4.**).

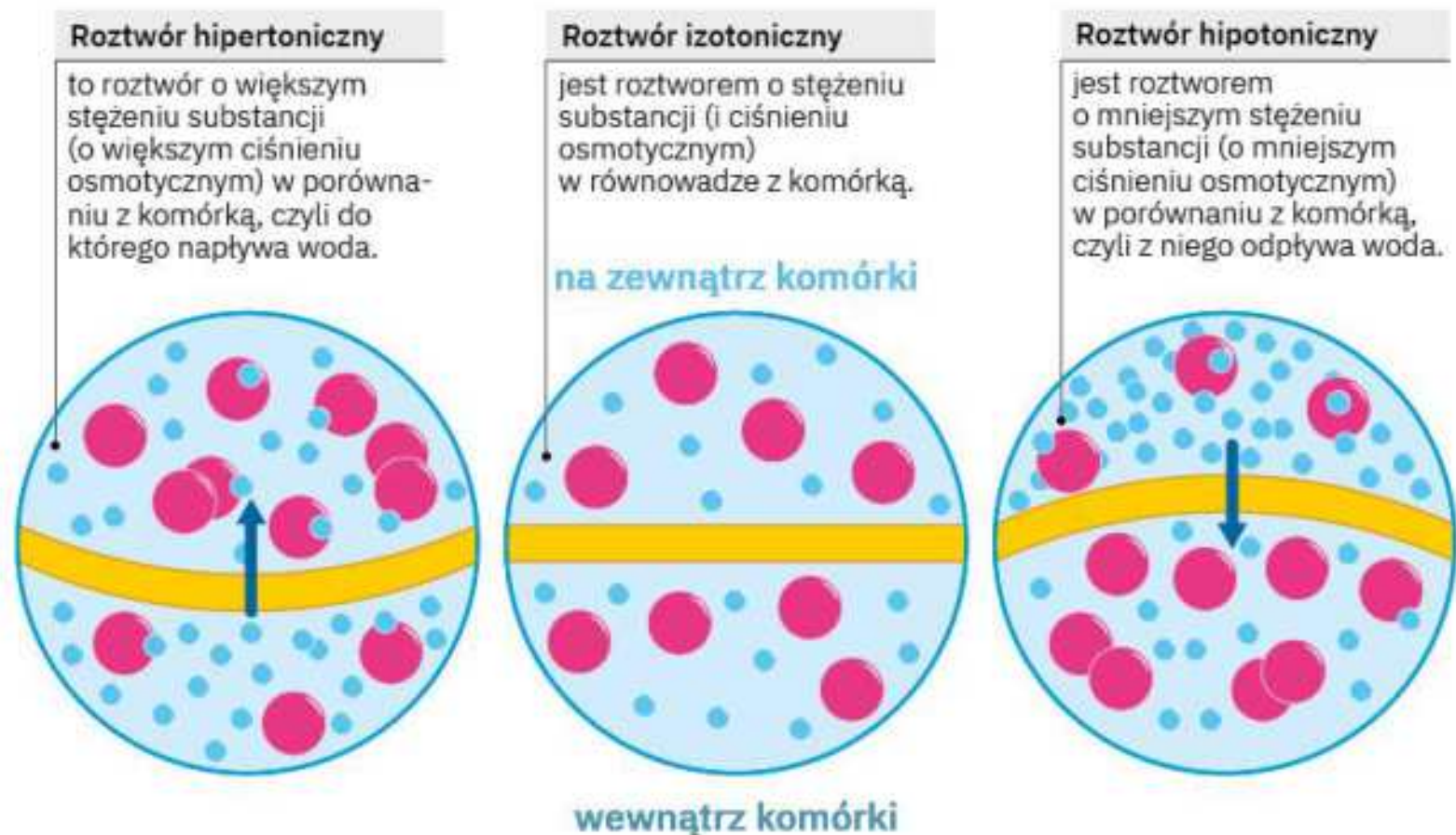
Dyfuzja wody zachodzi z roztworu o niższym stężeniu substancji rozpuszczonych do roztworu o wyższym stężeniu (o mniejszej zawartości procentowej wody) w celu wyrównania stężeń substancji po obu stronach błony.



Ryc. III.3.4. Zjawisko osmozy.

Różnica stężeń związków chemicznych po obu stronach błony jest przyczyną powstania ciśnienia osmotycznego, czyli siły cząsteczek wody przepływających przez błonę.

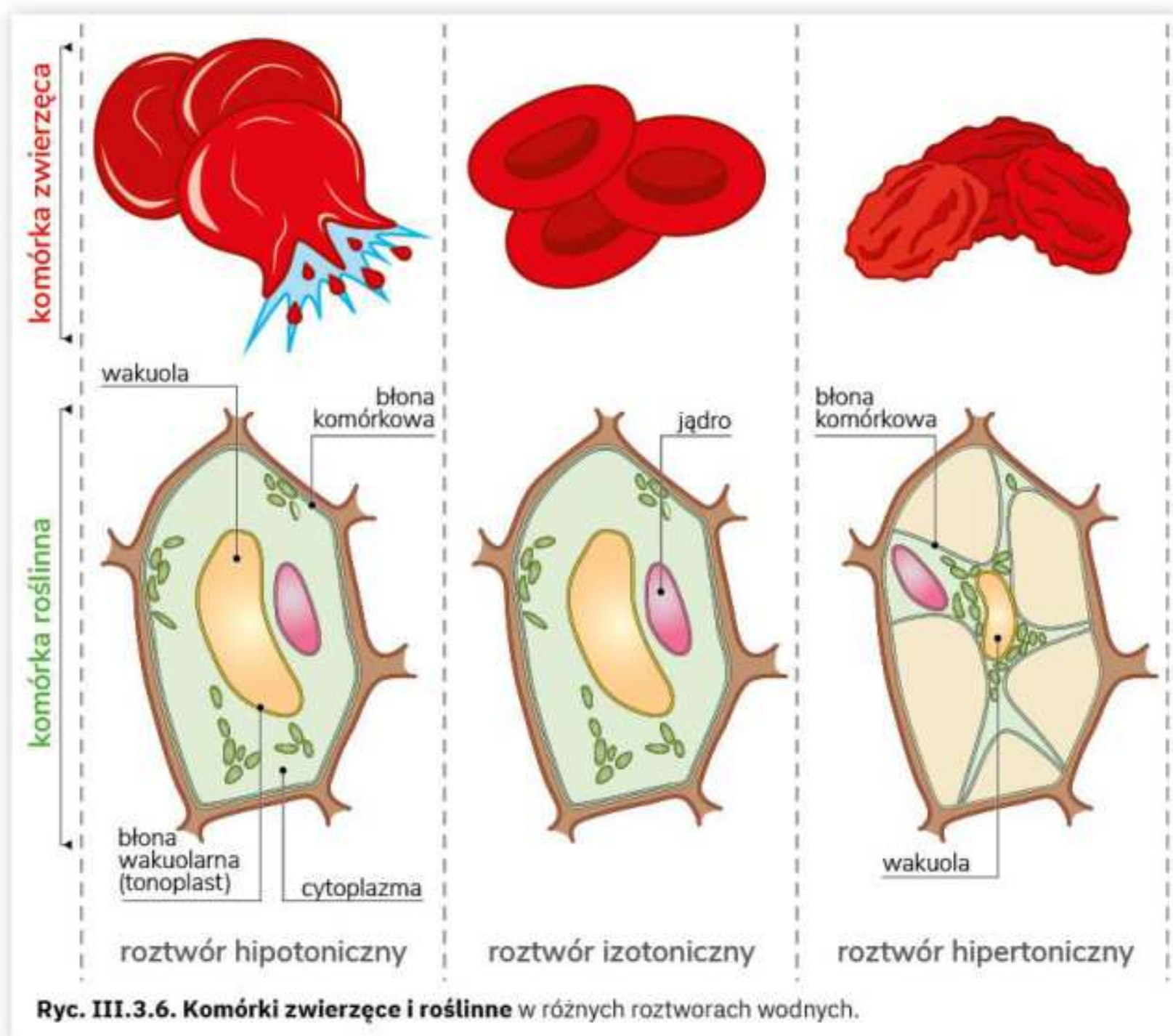
Osmoza to podstawa **toniczności** roztworów, czyli zdolności do pobierania lub utraty wody przez komórkę (**ryc. III.3.5.**).



Ryc. III.3.5. Wpływ ciśnienia osmotycznego na komórkę żywą.



Równowaga wodna w komórkach zależy od obecności lub braku ściany komórkowej (**ryc. III.3.6.**). Komórki zwierzęce, jakimi są krwinki czerwone, w roztworze hipertonicznym tracą wodę i obkurczają się, a w roztworze hipotonicznym pobierają wodę i może dojść do ich pęknięcia. Natomiast umieszczone w roztworze izotonicznym w stosunku do środowiska zewnętrznego nie zmieniają swoich kształtów. Napływ wody do komórki roślinnej na skutek gromadzenia się w wakuoli znacznej ilości metabolitów i jonów powoduje duże uwodnienie i jędrność. Obecność ściany komórkowej w komórce roślinnej chroni ją przed pękaniem. Przepływ jonów i cząstek w komórce roślinnej jest regulowany przez tonoplast – błonę otaczającą wakuolę.

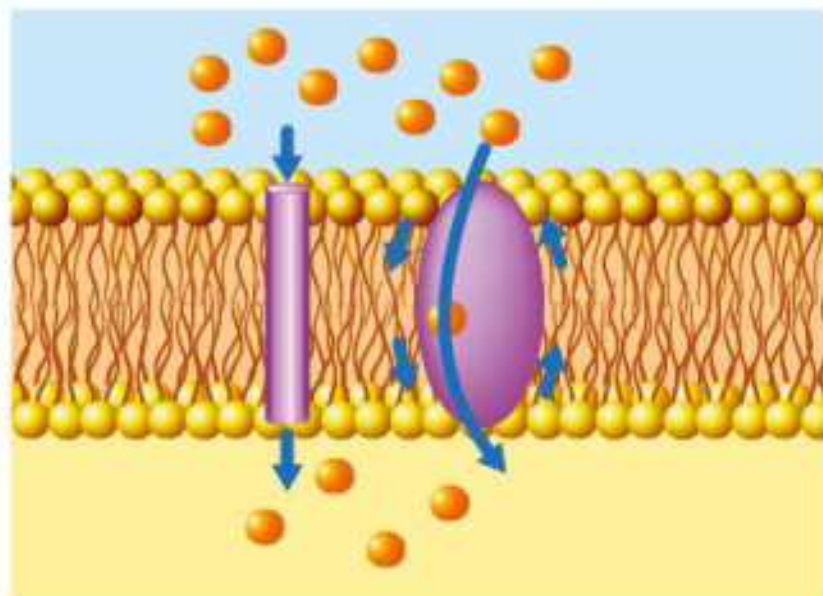


Ryc. III.3.6. Komórki zwierzęce i roślinne w różnych roztworach wodnych.



■ *Dyfuzja wspomagana (ułatwiona)*

To transport bierny wspomagany, ponieważ cząsteczki muszą korzystać z pomocy białek przenośnikowych, które łączą się z cząsteczką transportowaną i przenoszą ją na drugą stronę błony zgodnie z różnicą (gradientem) stężeń. Tak są transportowane cukry proste, np. glukoza, oraz aminokwasy (cząsteczki polarne). Natomiast jony i małe naładowane cząsteczki są transportowane przez białka kanałowe, np. kanały dla jonów Na^+ i K^+ w błonie komórek nerwowych (ryc.III.3.7.).

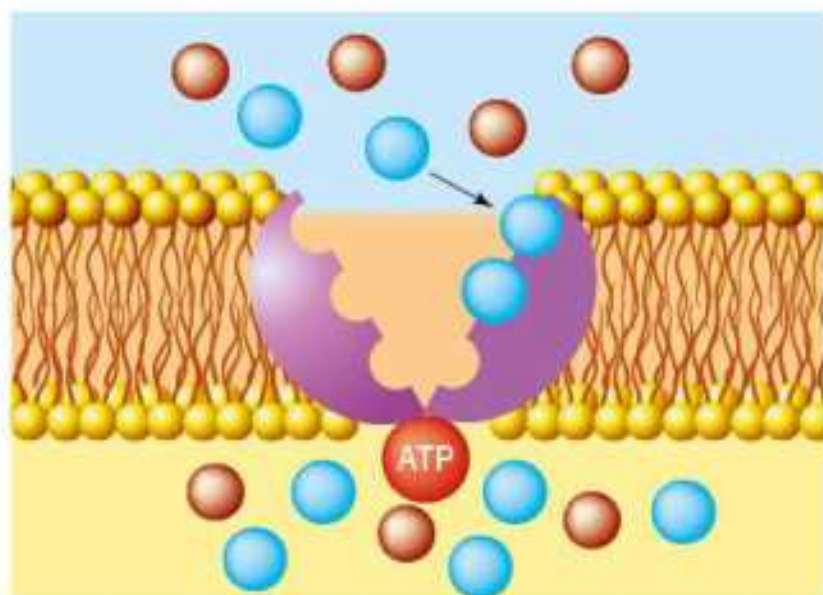


Ryc. III.3.7. Dyfuzja wspomagana.

■ *Transport czynny*

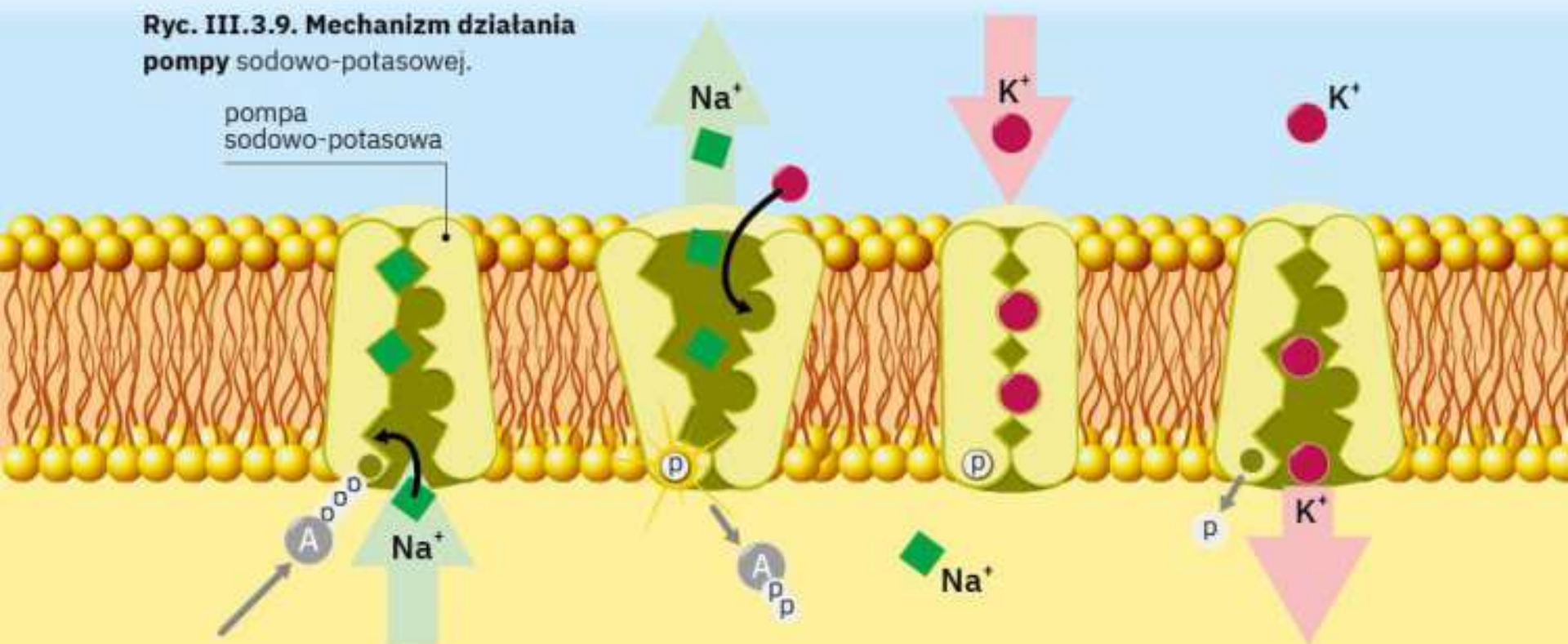
Zachodzi wbrew różnicy (gradientowi) stężeń, jeśli stężenie transportowanych cząsteczek na zewnątrz komórki jest mniejsze niż w jej wnętrzu. Dlatego ten typ transportu komórkowego wymaga białka przenośnikowego i dostarczenia energii uwalnianej w reakcji hydrolizy ATP.

Przykładem transportu wbrew gradientowi stężeń jest tzw. pompa sodowo-potasowa w błonach komórek zwierzęcych, wymieniająca jony sodu (Na^+) na jony potasu (K^+) (ryc. III.3.8. i ryc. III.3.9.).



Ryc. III.3.8. Transport aktywny.

Ryc. III.3.9. Mechanizm działania pompy sodowo-potasowej.



transport
makrocząsteczek

Transport dużych cząsteczek (makrocząsteczek)

Transport makrocząsteczek odbywa się na drodze endocytozy, czyli pobierania różnych substancji do wnętrza komórki, i egzocytozy, czyli usuwania ich z komórki do przestrzeni pozakomórkowej.

Podczas endocytozy następuje wpuklenie błony komórkowej do wnętrza komórki i utworzenie pęcherzyka endocytarnego, w którym zostaje zamknięta pobrana substancja (ryc. III.3.10.).

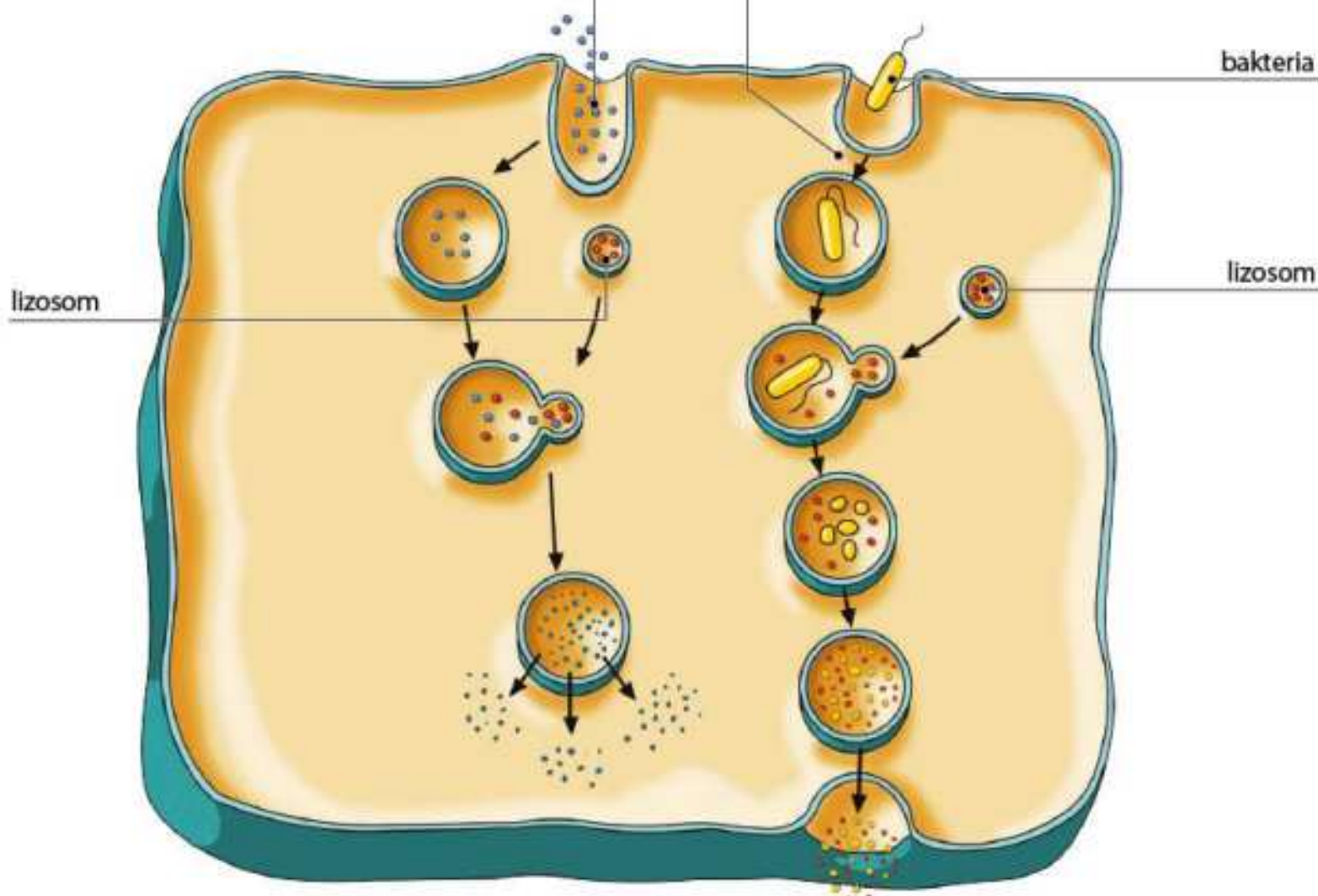
■ Endocytoza

Pinocytoza

– pobieranie drobin białek czy innych wielko-cząsteczkowych substancji rozpuszczonych w wodzie. Nie kończy się egzocytozą, a niestrawione resztki pokarmowe są rozproszone w cytoplazmie komórki.

Fagocytoza

– pobieranie dużych cząsteczek, np. szczątków komórek, komórek mikroorganizmów (jest skuteczną formą obrony przed organizmami chorobotwórczymi u człowieka) i po ich rozłożeniu przez enzymy hydrolityczne lizosomów, usuwanie niestrawionych resztek podczas egzocytozy.



Ryc. III.3.10. Zjawiska endo- i egzocytozy.

W **egzocytozie** są usuwane na zewnątrz niestrawione resztki pokarmowe lub substancje przeznaczone przez komórkę na eksport do innych komórek, np. białka i lipidy.



Eksperyment

Badanie zjawiska osmozy

Wprowadzenie: Osmoza polega na przenikaniu wody z roztworu mniej stężonego, czyli o większej zawartości wody, do roztworu bardziej stężonego, czyli zawierającego mniej wody.

Problem badawczy: Jak stężenie roztworu wpływa na zjawisko osmozy?

Hipoteza badawcza: Różnica stężeń związków chemicznych po obu stronach błony jest przyczyną pobierania lub utraty wody przez komórkę.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: Przygotowanie próby kontrolnej i badawczej. Z korzenia spichrzowego dwóch buraków należy odciąć górną część i wyciąć w nich takiej samej wielkości otwory. Następnie do jednego wlewamy wodę z kranu (próba kontrolna), a do drugiego wodę z solą (2 łyżki; próba badawcza) do tego samego poziomu. Obie próby zostawiamy na 3 godziny.

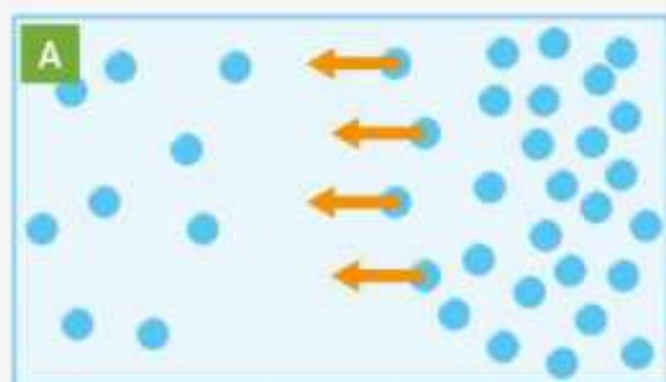
Wyniki: Opisz zmianę poziomu wody w obu próbach.

Wniosek: Sformułuj wniosek.

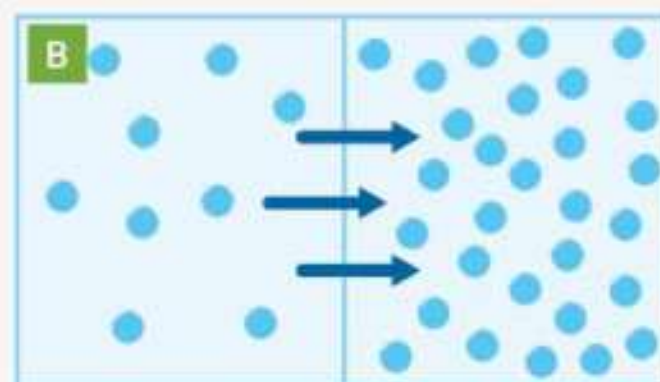
Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Czy stężenie soli w roztworze wpłynie na szybkość pulsowania wodniczek tętniących u słodkowodnego pierwotniaka umieszczonego w tym środowisku?

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, jakie funkcje w błonie komórkowej pełnią białka.
2. Na podstawie schematu budowy błony komórkowej wskaż elementy, które decydują o jej asymetrii.
3. Omów, na czym polega selektywność błon biologicznych.
4. Podaj różnice między dyfuzją wspomaganą a prostą.
5. Wytlumacz, dlaczego w przypadku transportu aktywnego niezbędne jest dostarczenie energii.
6. Scharakteryzuj, w jaki sposób komórka pobiera z otoczenia cząsteczki glukozy i komórki bakterii.
7. Wskaż, który schemat przedstawia dyfuzję, a który – osmozę. Przedstaw różnice i podobieństwa między tymi procesami.



→ ruch cząsteczek substancji rozpuszczonej



→ ruch rozpuszczalnika – wody



PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 79 Składniki komórki dzielimy na **plazmatyczne** (jądro komórkowe i cytozol ze wszystkimi organellami) oraz **nieplazmatyczne** (wakuola i ściana komórkowa).
- s. 79 W każdej komórce eukariotycznej zwierzęcej można wyróżnić wszystkie **zasadnicze struktury**: jądro komórkowe, siateczkę śródplazmatyczną, aparat Golgiego, lizosomy, mitochondria.
- s. 80 Organelle komórkowe są oddzielone od siebie lub zbudowane z **blon plazmatycznych**.
- s. 81 Wszystkie błony są zbudowane zgodnie z **modelem płynnej mozaiki** – płynna dwuwarstwa fosfolipidowa, w której są zawieszone białka integralne, peryferyczne, o funkcjach przenośnikowych, receptorowych i enzymatycznych.
- s. 82 Błona biologiczna jest **asymetryczna** i selektywnie przepuszczalna, oddziela komórkę od środowiska zewnętrznego, odbiera bodźce z zewnątrz i umożliwia wymianę substancji z otoczenia.
- s. 82 **Transport przez błony** może być bierny bez nakładu energii (w kierunku mniejszego stężenia transportowanej substancji) i czynny z nakładem energii (w kierunku wyższego stężenia transportowanej substancji).
- s. 82 Do **transportu biernego** zaliczamy dyfuzję prostą, **dyfuzję ułatwioną** (wymagającą specyficznych białek), **osmozę** (przenikanie wody przez błony).
- s. 83 W **osmozie** wyróżnia się trzy rodzaje roztworów: hipotoniczny (z którego ubywa wody), hipertoniczny (do którego woda napływa) i izotoniczny (pozostający w równowadze osmotycznej).
- s. 86 **Transport makrocząsteczek** do wnętrza komórki zachodzi na drodze endocytozy (fagocytozy i pinocytozy), a na zewnątrz komórki – na drodze egzocytozy. Fagocytoza to wchłanianie dużych cząsteczek stałych, a pinocytoza to pobieranie substancji rozpuszczonych w wodzie.

4. Jądro komórkowe – centrum informacji komórki

NA TEJ LEKCJI:

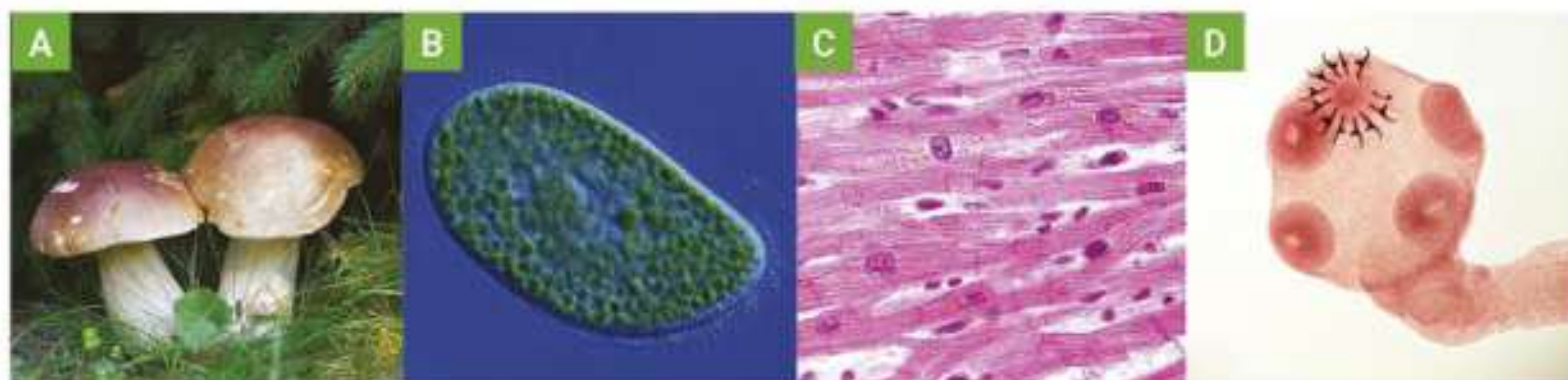
- przeanalizujesz materiał genetyczny komórki;
- poznasz budowę i funkcje jądra komórkowego;
- dowiesz się, czym charakteryzują się komórki haploidalna i diploidalna.

liczba jąder
komórkowych

Jądro komórkowe to największy element komórki eukariotycznej. Prawie wszystkie komórki mają **jedno jądro komórkowe**. Ale znamy organizmy, w których komórkach znajdują się dwa **jądra komórkowe** lub **nawet więcej** (ryc. III.4.1.). Z kolei w niektórych wyspecjalizowanych komórkach ze względu na pełnioną przez nie funkcję jądro komórkowe zanika, np. w erytrocytach ssaków czy dojrzałych rurkach



sitowych roślin okrytonasiennych. Jądro komórkowe jest zwykle kuliste lub owalne (w niektórych krwinkach białych może być płatkowate lub nerkowate) i zajmuje najczęściej centralne miejsce w komórce.



Ryc. III.4.1. Są komórki, które mają dwa jądra komórkowe: komórki grzybów (workowce i podstawczaki – A) i orzęsków (pierwotniaki – B) oraz wielojądrowe, np. włókna mięśni poprzecznie prążkowanych (C) czy powłoki ciała tasiemców (D).

Budowa jądra komórkowego

Jądro komórkowe od cytoplazmy oddziela otoczka jądrowa utworzona z dwóch błon stanowiących ciągłość z szorstką siateczką śródplazmatyczną (ryc. III.4.2.). Wnętrze jądra wypełnia kariolimfa, czyli sok jądrowy, w którym jest zanurzona **chromatyna**. Chromatyna składa się przede wszystkim z kwasu DNA (kwas deoksyrybonukleinowy) związanego z białkami o charakterze histonowym. Do pozostałych składników chromatyny należą białka niehistonowe i RNA (kwas rybonukleinowy). W jądrze komórkowym występuje jedno lub kilka jąderek.

chromatyna

Chromatyna

w niedzieliącej się komórce ma postać włóknistej sieci. W zależności od stopnia skrócenia występuje w dwóch formach: silnie skondensowanej (zagęszczonej) heterochromatyny i słabo skondensowanej, aktywnej genetycznie euchromatyny. Podczas podziału komórki po wcześniejszym zagęszczeniu chromatyny powstają z niej chromosomy.

Jąderko

jest nieoblioną strukturą, w której zachodzi synteza rRNA (rybosomowy RNA). Do jąderka dostają się transportowane z cytoplazmy białka i po połączeniu z rRNA budują podjednostki rybosomów. Podjednostki rybosomów przechodzą przez pory jądrowe do cytoplazmy, gdzie tworzą rybosomy, które uczestniczą w syntezie białka.

Otoczka jądrowa

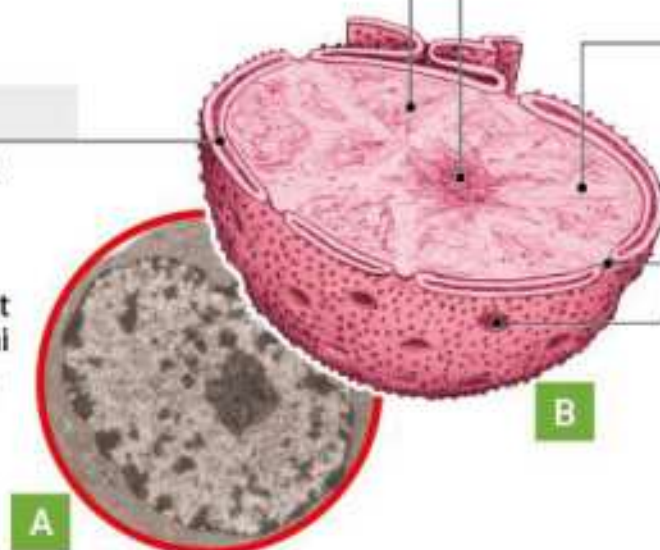
składa się z dwóch błon: zewnętrznej i wewnętrznej. Wewnętrzna błona jest gładka, a zewnętrzna jest połączona z rybosomami i przechodzi w siateczkę (retikulum) śródplazmatyczną szorstką.

Kariolimfa

stanowi płynne środowisko jądra komórkowego, w którym zanurzone są chromatyna, białka enzymatyczne, jedno lub kilka jąderek.

Pory jądrowe

to otwory w otoczce jądrowej, które umożliwiają transport substancji między jądrem komórkowym a cytoplazmą. Ich liczba jest zmienna i zależy od aktywności metabolicznej komórki.



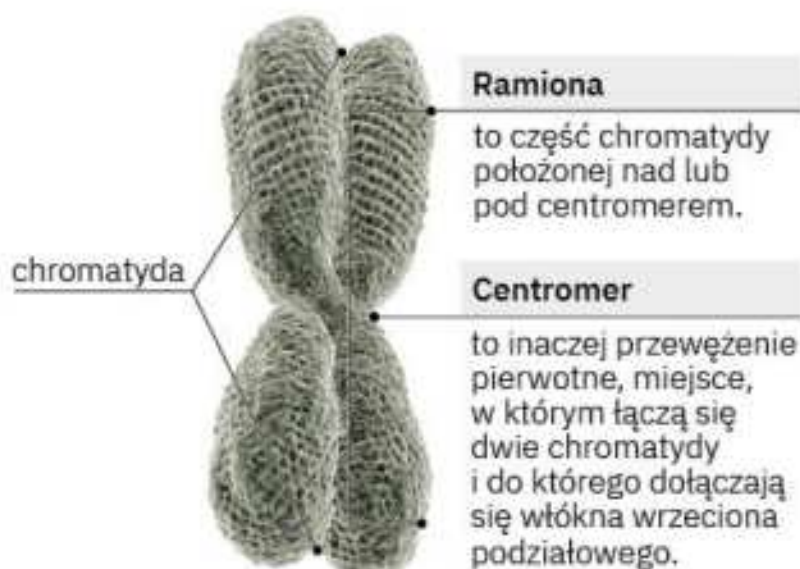
Ryc. III.4.2. Budowa jądra komórkowego: A. mikrofotografia, B. model przestrzenny.



Budowa chromosomu

chromosomy

Podczas podziału komórki chromatyna ulega kondensacji (zagęszczeniu), tworząc **chromosomy**.



kariotyp

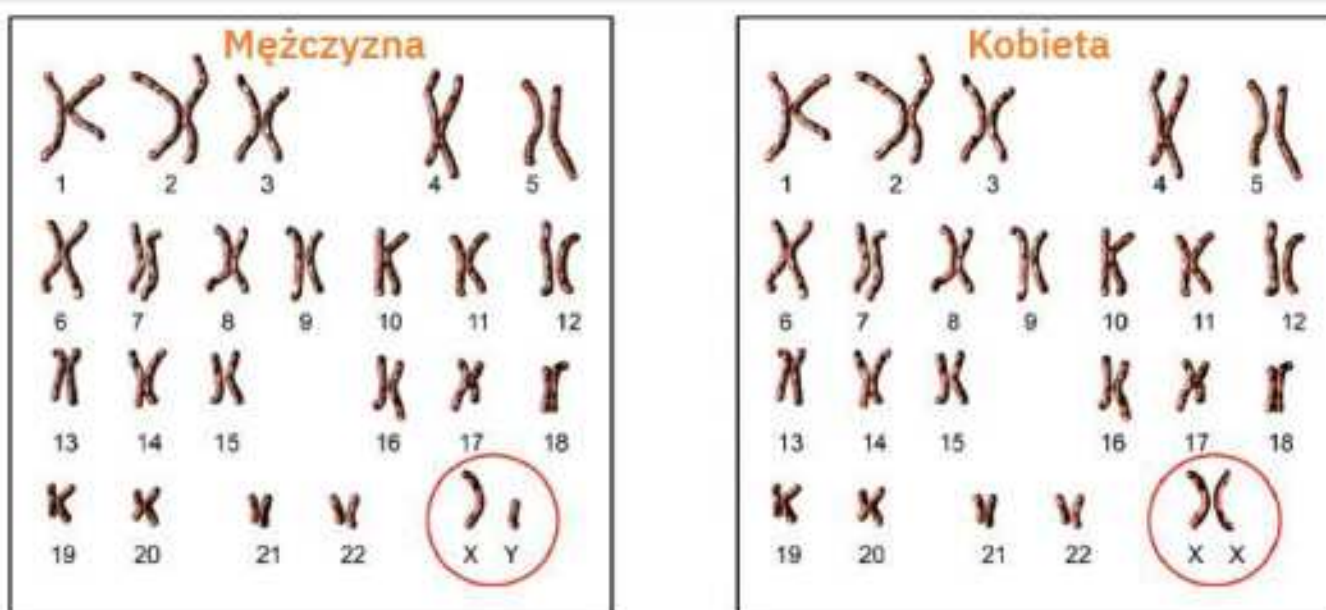
Ryc. III.4.3. Budowa chromosomu metafazowego. Chromosomy wykazują największy stopień kondensacji podczas fazy podziału komórki – metafazy. Ich wykształcenie jest warunkiem równomiernego podziału materiału genetycznego do jąder komórek macierzystych.

Maksymalny stopień kondensacji osiągają chromosomy podczas metafazy – fazy mitozy. Można wówczas dokładnie wyróżnić części chromosomu (**ryc. III.4.3.**).

Każdy gatunek ma charakterystyczną dla siebie liczbę chromosomów zwaną **kariotypem**, np. u człowieka jest 46 chromosomów (**ryc. III.4.4.**), u muszki owocowej 8, a u drożdży 17. Pojęcie to odnosi się zarówno do organizmów, jak i komórek. Organizmy, w zależności od etapu cyklu rozwojowego lub rodzaju komórek, mogą zawierać pojedynczy zestaw chromo-

liczba chromosomów

somów – **liczbę haploidalną (1n)** lub podwójny zestaw chromosomów – **liczbę diploidalną (2n)**. Identyczne pod względem kształtu w parze chromosomy określamy jako **homologiczne**. Każda komórka somatyczna (budująca ciało) człowieka ma 46 chromosomów (2n). Tylko gamety – komórka jajowa i plemnik – mają zredukowaną liczbę chromosomów do połowy – 23 (1n), tak aby w wyniku procesu zapłodnienia (połączenia komórki jajowej z plemnikiem) utworzyły komórkę diploidalną (2n).



Ryc. III.4.4. Kariogram człowieka składa się z 22 par chromosomów homologicznych oznaczonych numerami od 1 do 22. Ostatnią parę stanowią chromosomy płci – X i Y. Mężczyźni mają chromosom Y dziedziczony po ojcu i chromosom X po matce; kobiety mają dwa chromosomy X.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, w jaki sposób jądro komórkowe przechowuje informację genetyczną.
2. Powiedz, jakie znaczenie mają pory jądrowe w otocze jądrowej.
3. Omów sposób upakowania DNA w jądrze komórki somatycznej człowieka.
4. Przedstaw budowę chromosomu metafazowego.
5. Wyjaśnij, jaką funkcję pełni jąderko – nieoblioniona struktura jądra komórkowego.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Jądro komórkowe stanowi centrum zarządzania komórki. Najczęściej w komórce występuje **jedno jądro**, ale bywają komórki dwujądrowe i wielojądrowe.

s. 88

Material genetyczny w jądrze ma postać **chromatyny** (DNA połączonego z białkami). Podstawową jednostką chromatyny są nukleosomy.

s. 89

Chromatyna przed podziałem jądra komórkowego ulega kondensacji, tworząc **chromosomy**.

s. 90

Kompletny zestaw chromosomów danego organizmu nazywamy **kariotypem**.

s. 90

Liczba chromosomów jest cechą charakterystyczną dla gatunku. Pojedynczy zestaw chromosomów mają komórki haploidalne, a podwójny – komórki diploidalne.

s. 90

5. Cytoplazma – wewnętrzne środowisko komórki

NA TEJ LEKCJI:

- dowiesz się, jakie elementy budują cytoszkielet komórki;
- poznasz wewnątrzkomórkowy system błon biologicznych.

Wnętrze komórki poza jądrem komórkowym wypełnia cytoplazma. Składa się ona z:

1. **cytoplazmy (cytozolu)**, czyli wodnego koloidu zawierającego białka, aminokwasy, lipidy, kwasy tłuszczowe, sole mineralne (m.in. wapń Ca^{2+} , magnez Mg^{2+} , sód Na^+);

cytoplazma

2. organelli komórkowych.

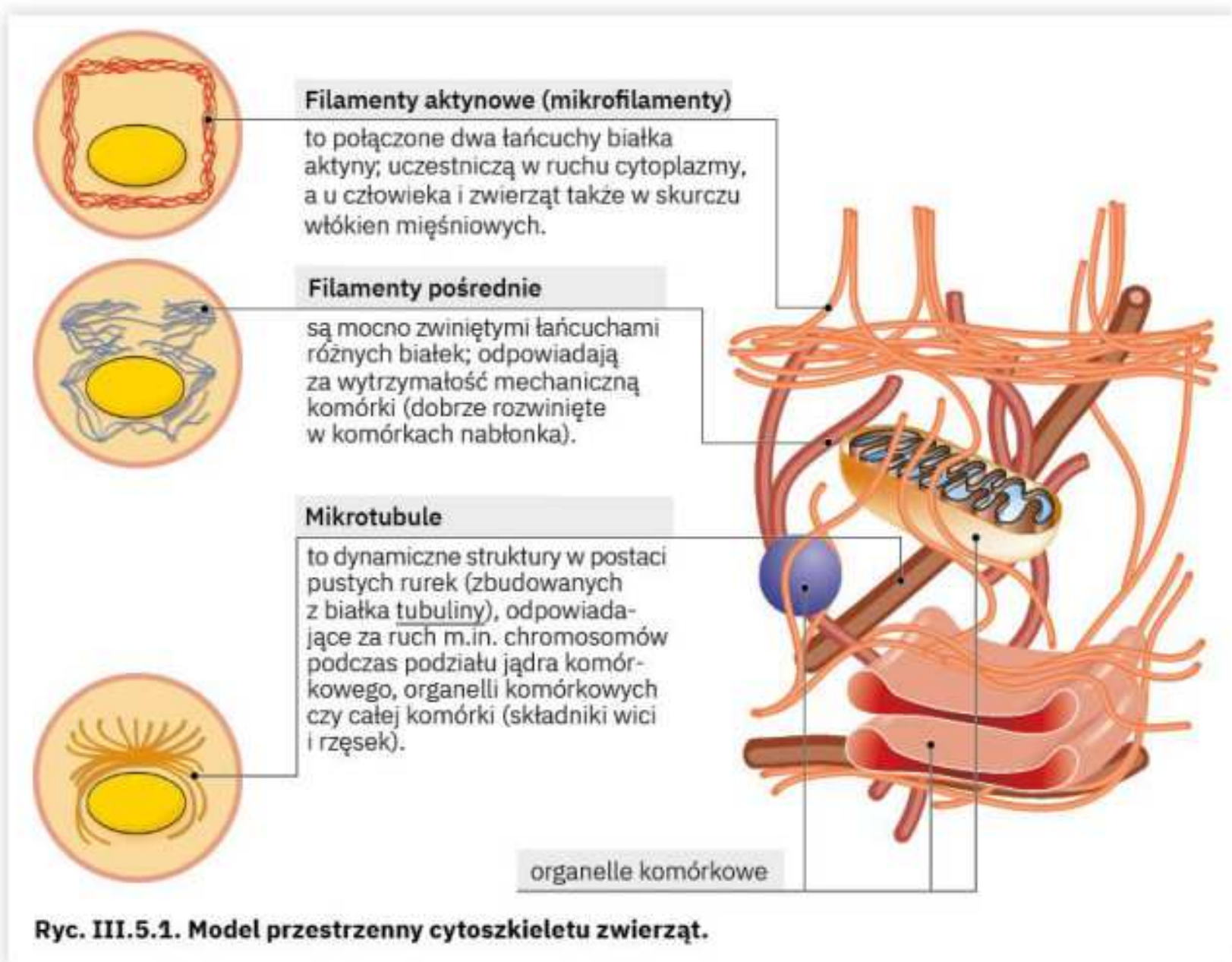
Przez cytoplazmę następuje transport wielu związków chemicznych między organelami. W obszarze całej cytoplazmy zachodzą ważne reakcje biochemiczne, m.in. glikoliza czy biosynteza białka.



Składniki cytoszkieletu

cytoszkielet

Ważnym składnikiem cytozolu jest przestrzenny układ włókien białkowych: mikro-tubul, filamentów aktynowych (mikrofilamentów) i filamentów pośrednich (**ryc. III.5.1.**). Ten układ włókien białkowych nazywamy **cytoszkieletem**. Cytoszkielet jest strukturą bardzo dynamiczną. Odpowiada za utrzymanie lub zmianę kształtu komórki. Dzięki cytoszkieletowi komórki mogą być elastyczne i zdolne do wykonywania ruchów.

siateczka
śródpłazmatyczna

System wewnątrzkomórkowych błon plazmatycznych

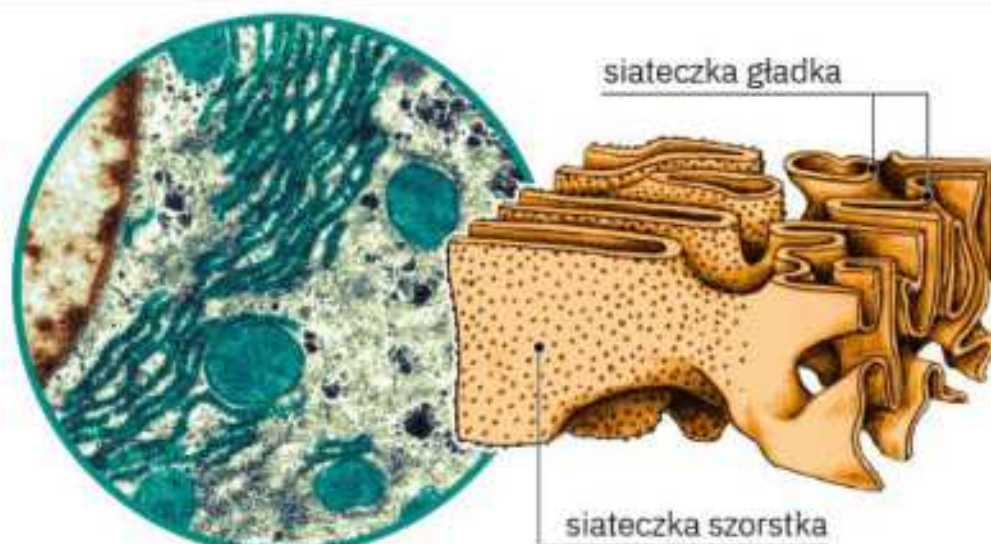
System wewnątrzkomórkowych błon plazmatycznych jest w komórce odpowiedzialny za syntezę i transport białek i lipidów wewnątrz komórki lub poza nią, a także za detoksykację trucizn. Tworzą go m.in. **siateczka śródpłazmatyczna (retikulum endoplazmatyczne)**, aparaty Golgiego oraz lizosomy.

Siateczka śródpłazmatyczna (retikulum endoplazmatyczne ER) przyjmuje kształt sieci błonowych rurek i spłaszczonych pęcherzyków (cystern). Rozciągają się one niemal na całym obszarze komórki aż po błonę otoczki jądrowej. Wyróżniamy dwa rodzaje siateczki: szorstką i gładką.



siateczka gładka
i szorstka

Siateczka gładka jest utworzona z rurek, których zewnętrzna powierzchnia nie łączy się z rybosomami. Siateczka gładka stanowi miejsce syntezy lipidów (w tym kwasów tłuszczowych, fosfolipidów, steroidów), uczestniczy w detoksykacji (neutralizacji) używek i toksyn (szczególnie w komórkach wątroby) oraz magazynuje jony wapnia Ca^{2+} (niezbędne do skurczu mięśni). **Siateczka szorstka** ma postać spłaszczonych woreczków, na których zewnętrznej powierzchni znajdują się rybosomy. Jest odpowiedzialna za syntezę, modyfikację i transport białek.



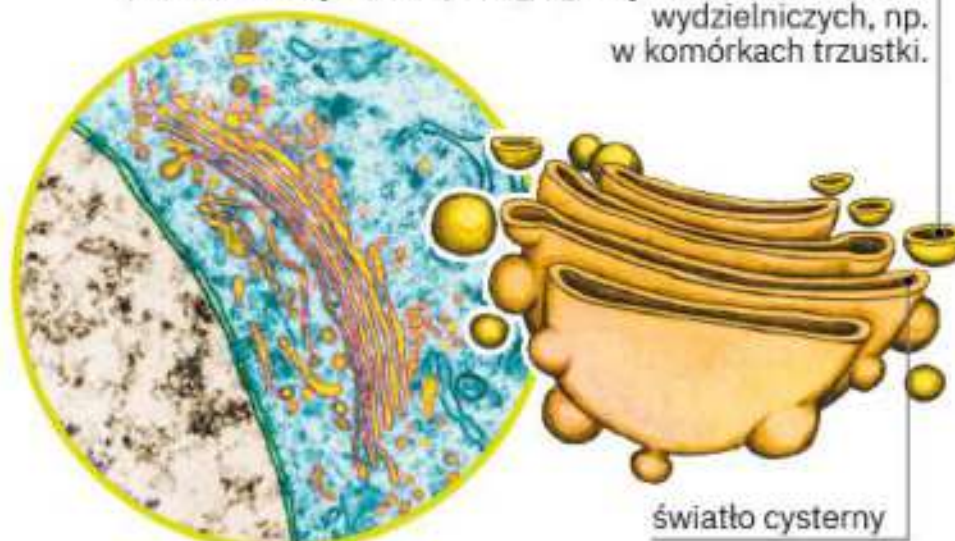
Ryc. III.5.2. Mikrofotografia i model przestrzenny siateczki śródplazmatycznej.

Powstałe w siateczce śródplazmatycznej substancje są transportowane w formie pęcherzyków m.in. do **aparatu Golgiego** (ryc. III.5.3.). Aparat Golgiego składa się ze stosu błonowych, łukowato wygiętych, nakładających się na siebie spłaszczonych woreczków-cystern (diktiosomów).

aparat Golgiego

Pęcherzyk wydzielniczy

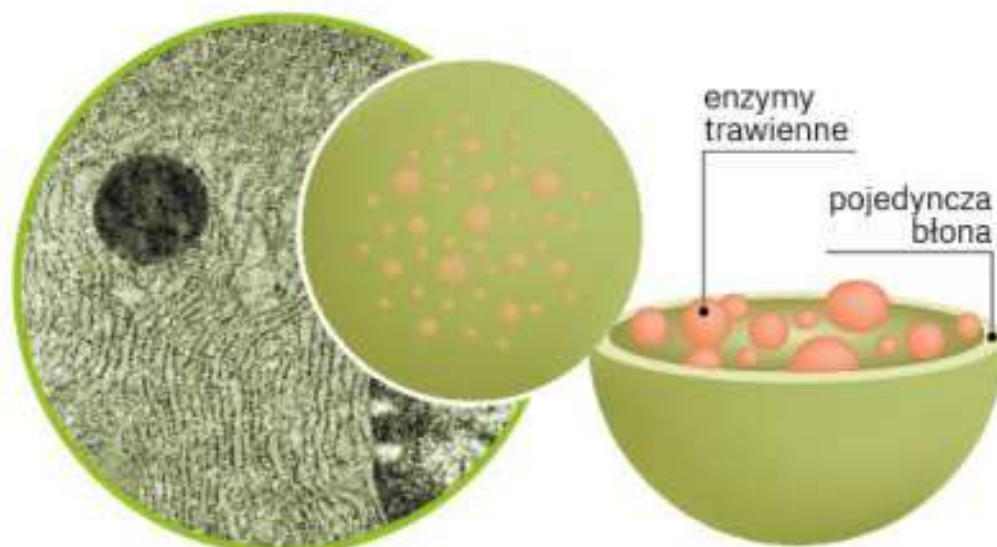
– białka i lipidy w aparacie Golgiego są sortowane, modyfikowane i przenoszone w postaci pęcherzyków wydzielniczych do właściwych części komórki lub usuwane poza komórkę. Aparaty Golgiego są liczne w komórkach wydzielniczych, np. w komórkach trzustki.



Ryc. III.5.3. Mikrofotografia i model przestrzenny aparatu Golgiego.

lizosomy

Z odrywających się od aparatu Golgiego pęcherzyków powstają **lizosomy** (ryc. III.5.4.). To małe, kuliste pęcherzyki, zawierające enzymy trawienne (hydrolityczne). Enzymy trawia (hydrolizują) wchłonięte przez komórkę na drodze endocytozy substancje i toksyny oraz organizmy patogenne (duża ilość lizosomów występuje w komórkach żernych – makrofagach układu odpornościowego człowieka).



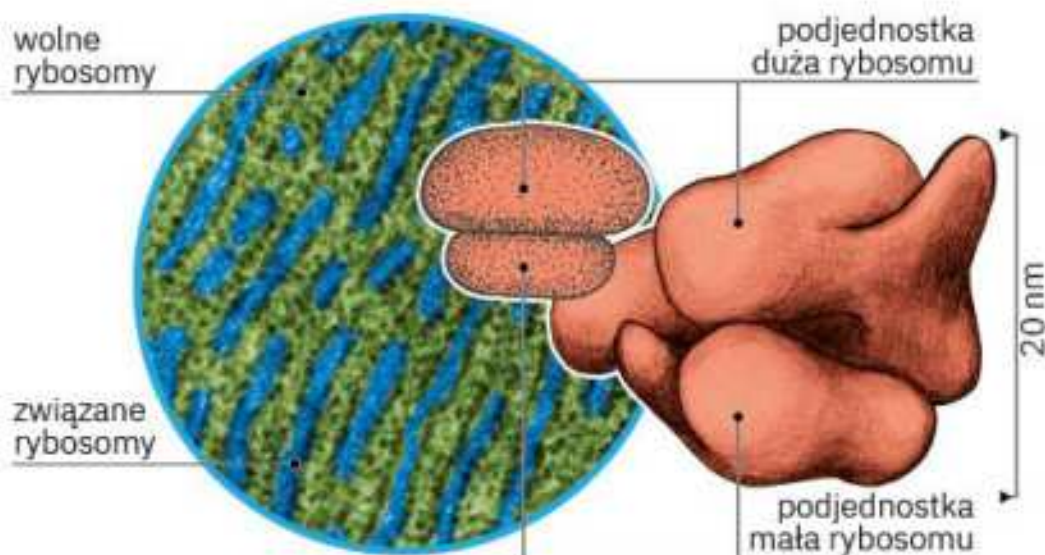
Ryc. III.5.4. Mikrofotografia i model przestrzenny lizosomu.

Rybosomy – struktury odpowiadające za syntezę białka

rybosomy

Rybosomy są strukturami nieotoczonymi błoną. Zachodzi w nich synteza białek. Pojedynczy rybosom przypomina kształtem spłaszczony grzybek (ryc. III.5.5.). Składa się z dwóch podjednostek: małej i dużej, zbudowanych z rybosomalnego kwasu rybonukleinowego (rRNA) i białek.

Liczba rybosomów w komórce jest dość duża (od kilku do kilku milionów) i zależy od tempa syntezy białka, np. w komórce trzustki ludzkiej znajduje się kilka milionów rybosomów. Rybosomy w komórce eukariotycznej występują także w mitochondriach i chloroplastach – organelach, w których może zachodzić biosynteza białka.



Ryc. III.5.5. Rybosomy występują w dwóch częściach komórki: w cytozolu jako wolne struktury lub związane z błonami siateczki śródplazmatycznej czy błonami jądrowymi. Na rysunku jest widoczna mikrofotografia fragmentu komórki trzustki z rybosomami wolnymi i związanymi z błonami ER oraz schemat budowy rybosomu.



W komórkach prokariotycznych rybosomy występują tylko w cytozolu. Cytoplazmatyczne rybosomy komórek eukariotycznych są nieco większe od prokariotycznych, mitochondrialnych i plastydowych.

Rozmiary rybosomów określamy na podstawie współczynnika sedymentacji (tzw. stałej sedymentacji Svedberga), czyli szybkości opadania cząstek w roztworze podczas wirowania. Jednostką współczynnika sedymentacji jest Svedberg, który oznaczamy w skrócie literą S ($1 \text{ swedberg} = 10^{-13} \text{ s}$). Wielkość współczynnika sedymentacji zależy m.in. od masy i kształtu cząsteczek, które są poddawane wirowaniu. Stała sedymentacji dla rybosomów prokariotycznych oraz mitochondriów i chloroplastów eukariotycznych wynosi 70 S, a dla komórek eukariotycznych 80 S.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Sporządź w zeszycie tabelę, w której porównasz budowę i funkcje elementów cytoszkieletu.
2. Wskaż różnice w budowie i funkcjach siateczki śródplazmatycznej szorstkiej i gładkiej.
3. Scharakteryzuj funkcjonalne powiązanie siateczki śródplazmatycznej, aparatu Golgiego i lizosomów.
4. Wyjaśnij, uwzględniając funkcję rybosomów, różną ich liczbę w komórkach.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Cytoplazma składa się z **cytoplazmy (cytozolu)** – koloidalnego roztworu i zawieszonych w nim organelli komórkowych. s. 91

W cytoplazmie komórek eukariotycznych występuje **cytoszkielet** – struktura utworzona z białkowych filamentów: mikrotubul, mikrofilamentów i filamentów pośrednich. Mikrotubule uczestniczą w ruchach organelli komórkowych i całej komórki. Mikrofilamenty są odpowiedzialne za różne ruchy komórek, a filamente pośrednie pełnią funkcję podporową komórki. s. 92

W obszarze cytoplazmy jest rozmieszczony system błon biologicznych – **siateczka śródplazmatyczna** i **aparat Golgiego**. s. 92

Siateczka gładka (bez rybosomów) bierze udział w syntezie lipidów i procesach detoksykacji, a **szorstka** – w przyczepionych do jej powierzchni rybosomach syntetyzuje białka. s. 93

Aparat Golgiego, zbudowany ze spłaszczonych cystern (diktiosomów), odpowiada za syntezę cukrów i modyfikację białek wydzielniczych. s. 93

Lizosomy są małymi organellami otoczonymi pojedynczą błoną. Zawierają enzymy trawienne, które rozkładają makrocząsteczki, zużyte struktury komórkowe czy cząsteczki pobrane przez komórkę na drodze endocytozy. s. 94

Rybosomy to struktury nieotoczone błoną komórkową, utworzone z rRNA i białek. Związane są z siateczką śródplazmatyczną lub występują luźno w cytoplazmie komórki. Zachodzi w nich synteza białek. s. 94



6. Mitochondrium – centrum energetyczne komórki

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz budowę mitochondrium;
- dowiesz się, jaką rolę odgrywa mitochondrium w wytwarzaniu energii.

ATP

aktywność
metaboliczna
komórki

Mitochondria są organellami odpowiadającymi za oddychanie komórkowe, proces metaboliczny, podczas którego przy udziale tlenu, cukrów, tłuszczów i innych substratów energetycznych przepływa energia chemiczna zmagazynowana w **wysokoenergetycznych wiązaniach adenozynotrójfosforanu (ATP)**. Szczegółowo proces oddychania będzie omówiony w dziale IV.

Liczba mitochondriów zależy od zapotrzebowania komórki na energię. W komórkach o dużej **aktywności metabolicznej**, np. mięśniowych czy nerwowych, może ich być ponad 1000. Stosunkowo niewiele mitochondriów znajduje się w komórkach kości czy chrząstki, a w erytrocytach człowieka i innych ssaków w ogóle ich nie ma. Budowa mitochondrium wynika z funkcji, jakie te organelle pełnią. Są to owalne lub cylindryczne struktury, otoczone dwiema błonami, z których wewnętrzna jest pofałdowana i tworzy tzw. **grzebienie mitochondrialne (ryc. III.6.1.)**. Na grzebieniach mitochondrialnych znajdują się enzymy uczestniczące w przekształcaniu energii cząsteczek substancji pokarmowych w energię zmagazynowaną w ATP. Wnętrze mitochondrium wypełnia koloidalna **macierz** (łac. *matrix*) mitochondrialna. Znajdują się w niej enzymy biorące udział w oddychaniu komórkowym (cykl Krebsa), jak również cząsteczki DNA mitochondrialnego i rybosomy. Obecność w mitochondrium DNA i rybosomów pozwala na wzrost i podział tych organelli.

Koliste cząsteczki DNA mitochondrialnego stanowią około 1% całkowitej ilości DNA w komórce. Mitochondria mogą zmieniać swoje kształty i rozmiary, a także położenie w komórce. Ułatwia to bezpośrednie dostarczenie energii w postaci ATP do odpowiedniego regionu komórki, np. w plemnikach znajdują się w wici, która wprowadza plemnik w ruch. Brak ruchu mitochondriów obserwuje się tylko w komórkach mięśni szkieletowych i mięśniu serca.

Mitochondria występują w większości komórek eukariotycznych: w komórkach roślin, zwierząt, grzybów i prawie wszystkich komórkach pierwotniaków. Najnowsze badania wykazały, że struktury podobne do mitochondriów spotyka się również u ludzkich pasożytów jelitowych, np. u ogoniastka jelitowego.

**Przestrzeń perimitochondrialna (macierz)**

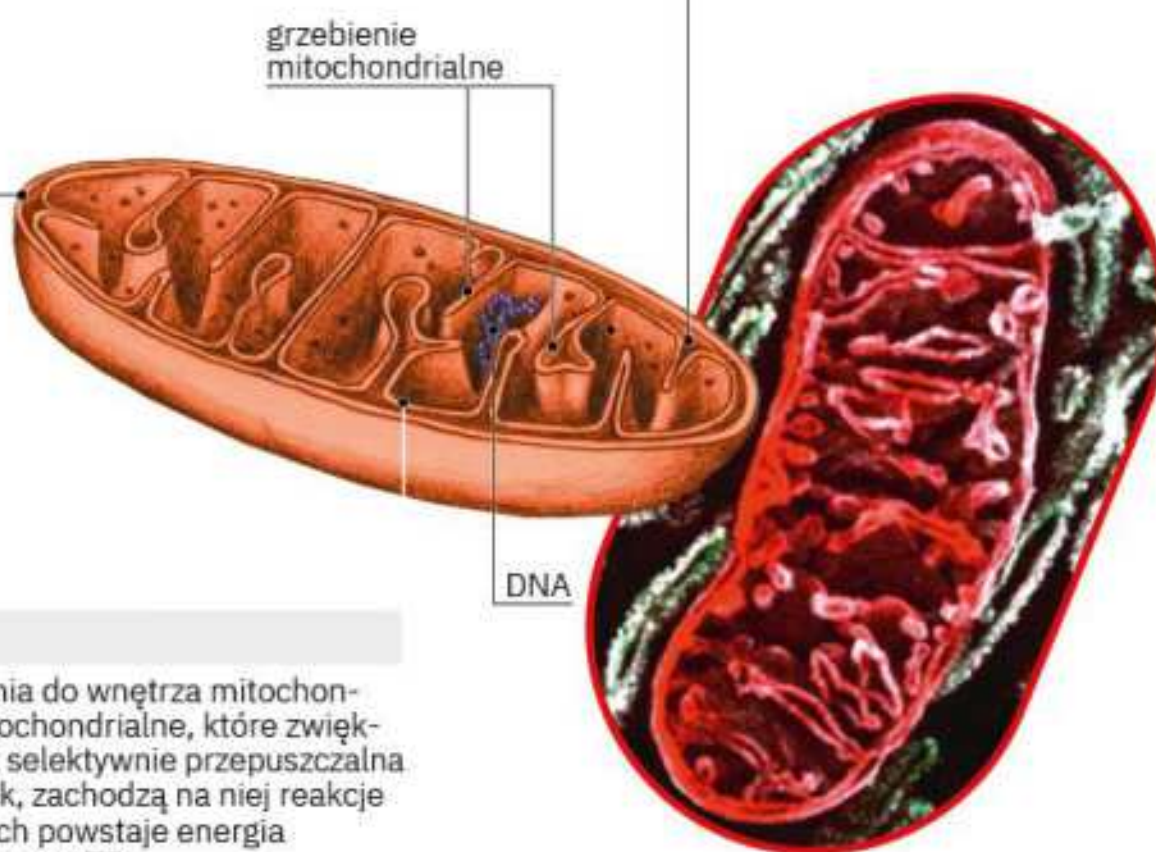
– przestrzeń ograniczona błoną wewnętrzną, składem chemicznym zbliżona do cytoplazmy komórki; występują w niej enzymy, które biorą udział w utlenianiu biologicznym.

Błona zewnętrzna

– gładka, przepuszczalna dla wielu małych cząsteczek, np. jonów, cukrów prostych.

Błona wewnętrzna

– wytwarza liczne wpuklenia do wnętrza mitochondrium, tzw. grzebienie mitochondrialne, które zwiększają jej powierzchnię; jest selektywnie przepuszczalna dla określonych cząsteczek, zachodzą na niej reakcje chemiczne, podczas których powstaje energia chemiczna zmagazynowana w ATP.



Ryc. III.6.1. Mikrofotografia i model przestrzenny mitochondrium.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wykaż przystosowanie mitochondrium do pełnionej funkcji na podstawie budowy.
2. Wyjaśnij przyczynę różnicy liczby mitochondriów w komórkach kanalików nerkowych i komórkach naskórka.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Mitochondria stanowią centra energetyczne komórki. Zachodzi w nich oddychanie komórkowe, czyli utlenianie związków organicznych, podczas którego powstaje energia gromadzona w postaci **ATP**.

Liczba mitochondriów w komórce, a także stopień pofałdowania ich błony wewnętrznej (tzw. grzebienie mitochondrialne) zależy od **aktywności metabolicznej komórki**.

s. 96

s. 96



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Cechy organizmów żywych

- s. 72 • **Czynności życiowe** organizmów żywych to: odżywianie, oddychanie, wydalanie, ruch, wzrost i rozwój, rozmnażanie, reakcja na bodźce.
- s. 72 • Komórka jest podstawową **jednostką strukturalną i funkcjonalną** każdego żywego organizmu.
- s. 72 • **Wirusy** nie mają budowy komórkowej, ale wykazują cechy organizmów żywych.
- s. 72 • **Organizmy prokariotyczne** to organizmy jednokomórkowe, których komórki nie mają jądra komórkowego, a ich materiał genetyczny znajduje się w cytoplazmie. Zaliczamy do nich bakterie, sinice i archeobakterie.
- s. 73 • **Komórki prokariotyczne** zawierają cytoplazmę, rybosomy i nukleoid oraz są otoczone błoną i ścianą komórkową.
- s. 74 • Organizmy, których komórki mają jądro komórkowe, to **organizmy eukariotyczne**, są one zarówno jednokomórkowe, jak i wielokomórkowe. Zaliczamy do nich pierwotniaki (dawniej protista), grzyby, rośliny i zwierzęta.
- s. 74 • **Komórki eukariotyczne** oprócz jądra zawierają cytoplazmę, rybosomy, mitochondria, cytoszkielet i struktury otoczone błoną, których brak w komórce prokariotycznej. Mają bardziej złożoną budowę niż komórki prokariotyczne.
- s. 75 • **Dodatkowo ścianę komórkową** i wakuolę zawierają komórki roślin, grzybów i niektórych pierwotniaków, a chloroplasty – komórki roślin i niektórych pierwotniaków.

2. Główne cechy komórek

- s. 77 • Większość komórek ma **wymiary mikroskopowe**. Komórki eukariotyczne są większe od prokariotycznych.
- s. 77 • **Stosunek powierzchni komórki do objętości** określa wielkość komórek.
- s. 77 • Małe komórki mają **korzystny stosunek powierzchni do objętości**, co umożliwia dostarczanie niezbędnych do funkcjonowania cząsteczek do wnętrza komórki i usuwania z niej zbędnych metabolitów.
- s. 78 • Funkcja komórki determinuje jej **wielkość i kształt**.
- s. 78 • **Cechy wspólne komórek** to: skład chemiczny, obecność błony komórkowej, cytoplazmy i rybosomów, przekształcanie energii oraz zapisywanie i przekazywanie informacji genetycznej.

3. Ultrastruktura komórki zwierzęcej

- s. 79 • **Plazmatyczne** składniki komórki to: jądro komórkowe i cytozol ze wszystkimi organellami, a **nieplazmatyczne** – wakuola i ściana komórkowa.
- s. 79 • **Zasadnicze organelle** występujące w każdej zwierzęcej komórce eukariotycznej to: błona komórkowa, cytoplazma, jądro komórkowe, siateczka śródplazmatyczna, aparat Golgiego, lizosomy, rybosomy, mitochondria i centriole.
- s. 80 • Poszczególne organelle komórkowe są oddzielone od siebie lub zbudowane z **błon plazmatycznych**.
- s. 82 • Wszystkie błony są zbudowane zgodnie z **modelem płynnej mozaiki**.
- s. 82 • Błona biologiczna oddziela komórkę od środowiska zewnętrznego, odbiera bodźce z zewnątrz i umożliwia wymianę substancji z otoczenia, jest **asymetryczna** i selektywnie przepuszczalna.
- s. 82 • **Transport przez błony** może być **bierny** bez nakładu energii (w kierunku mniejszego stężenia transportowanej substancji) i **czynny** z nakładem energii (w kierunku wyższego stężenia transportowanej substancji).
- s. 82 • Do **transportu biernego** zaliczamy dyfuzję prostą, **dyfuzję ułatwioną** oraz osmozę.
- s. 83 • Wyróżnia się trzy rodzaje roztworów: hipotoniczny (z którego ubywa wody), hipertoniczny (do którego woda napływa) i izotoniczny (pozostający w równowadze osmotycznej).
- s. 86 • **Transport makrocząsteczek** do wnętrza komórki zachodzi na drodze endocytozy (fagocytozy i pinocytozy), a na zewnątrz komórki – na drodze egzocytozy.

4. Jądro komórkowe – centrum informacji komórki

- s. 88 • Najczęściej w komórce występuje **jedno jądro**, ale bywają komórki dwujądrowe i wielojądrowe.
- s. 89 • Materiał genetyczny w jądrze ma postać **chromatyny** (DNA połączonego z białkami). Podstawową jednostką chromatyny są **nukleosomy**.
- s. 90 • Chromatyna przed podziałem jądra komórkowego ulega kondensacji, tworząc **chromosomy**.
- s. 90 • **Kariotyp** to kompletny zestaw chromosomów danego organizmu.
- s. 90 • **Liczba chromosomów** jest cechą charakterystyczną dla gatunku. Pojedynczy zestaw chromosomów mają komórki haploidalne, a podwójny – komórki diploidalne.
- s. 90 • Obecne w jądrze komórkowym **jąderko** odpowiada za syntezę rybosomowego RNA (r RNA) i podjednostek rybosomów.



5. Cytoplazma – wewnętrzne środowisko komórki

- Cytoplazma składa się z **cytoplazmy (cytozolu)** i zawieszonych w niej organelli komórkowych. s. 91
- **Cytoskielet** to struktura występująca w cytoplazmie utworzona z białkowych filamentów: mikrotubul, mikrofilamentów i filamentów pośrednich. s. 92
- **Mikrotubule** uczestniczą w ruchach organelli komórkowych i całej komórki. **Mikrofilamenty** są odpowiedzialne za skurcz mięśni, ruch cytoplazmy, a **filamenty pośrednie** pełnią funkcję podporową komórki. s. 92
- W obszarze cytoplazmy jest rozmieszczony system błon biologicznych – **siateczka śródplazmatyczna** i **aparat Golgiego**. s. 92
- **Siateczka gładka** (bez rybosomów) bierze udział w syntezie lipidów i procesach detoksykacji, a **szorstka** – syntetyzuje białka w znajdujących się na jej powierzchni rybosomach. s. 93
- **Aparat Golgiego**, zbudowany ze spłaszczonych cystern, odpowiada za syntezę cukrów i modyfikację białek wydzielniczych. s. 93
- **Lizosomy** otoczone pojedynczą błoną komórkową zawierają enzymy trawienne, które rozkładają makrocząsteczki, zużyte struktury komórkowe czy cząsteczki pobrane przez komórkę na drodze endocytozy. s. 94
- W **rybosomach** zachodzi synteza białek. Nie są one otoczone błoną komórkową, a utworzone z rRNA i białek. Związane są z siateczką śródplazmatyczną lub występują luźno w cytoplazmie komórki, matriks mitochondrialnej i stromie chloroplastów. s. 94

6. Mitochondrium – centrum energetyczne komórki

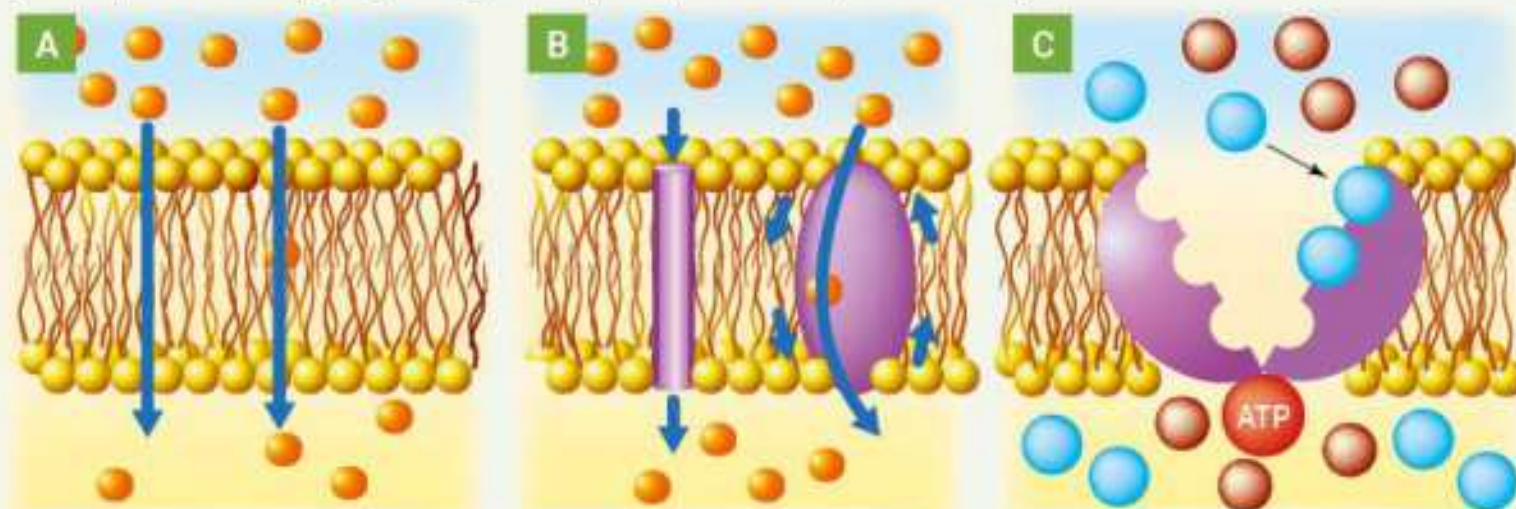
- W mitochondriach zachodzi oddychanie komórkowe, czyli utlenianie związków organicznych, podczas którego przepływa energia gromadzona w postaci **ATP**. s. 96
- Poziom **aktywności metabolicznej komórki** decyduje o liczbie oraz stopniu pofałdowania błony wewnętrznej mitochondriów w postaci grzebieni mitochondrialnych. s. 96

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

1. Przerysuj tabelę do zeszytu. Na podstawie rysunku komórki uzupełnij tabelę, wpisując obok funkcji odpowiednią nazwę organelli.

Funkcja	Nazwa organelli
Materiał genetyczny komórki w postaci DNA, decyduje o przebiegu wszystkich funkcji metabolicznych komórki.	...
Modyfikacja, pakowanie i przekazywanie zagęszczonych substancji poza komórkę i w jej wnętrzu.	...
Występują we wszystkich komórkach, zachodzi w nich proces syntezy białka.	...

2. Rysunki przedstawiają trzy rodzaje transportu przez błonę komórkową.



- a) Powiedz, jaki rodzaj transportu przez błonę komórkową pokazano na każdym rysunku.
b) Wymień jedną różnicę i jedno podobieństwo między transportem A i B.



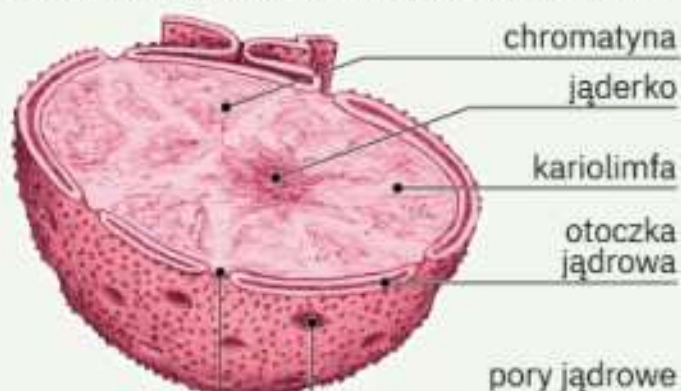
4. Na rysunku przedstawiono obrazy erytrocytów w trzech roztworach o różnej toniczności.



Wskaż, który rysunek przedstawia erytrocyty w roztworze hipertonicznym. Odpowiedź uzasadnij.

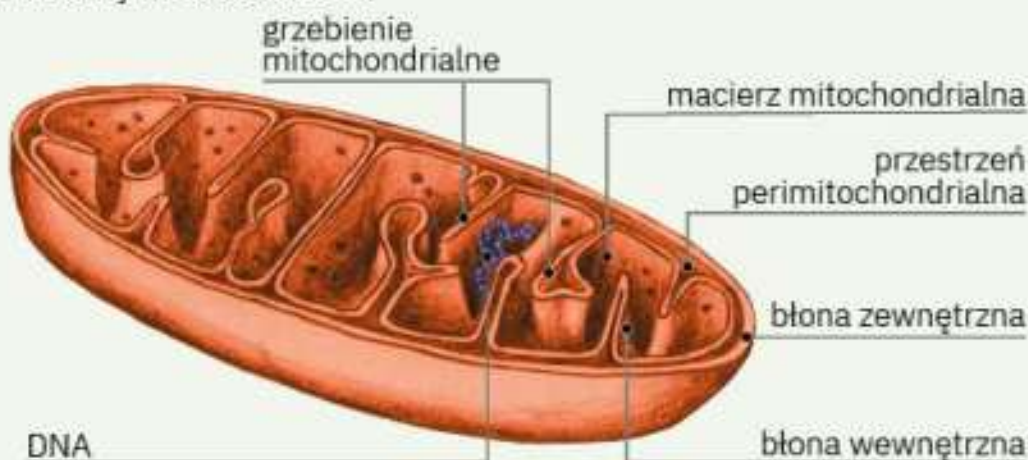
5. Na rysunku przedstawiono schemat budowy jądra komórkowego, które umożliwia dziedziczenie oraz kieruje czynnościami całej komórki.

- Wyjaśnij funkcje porów jądrowych obecnych w otoczce jądrowej.
- Podaj nazwę siateczki wewnątrzplazmatycznej, która łączy się z błoną zewnętrzną otoczki jądrowej. Uzasadnij swój wybór.



6. Na rysunku przedstawiono schemat budowy mitochondrium.

- Wyjaśnij, jaką funkcję pełni wewnętrzna błona pofaladowana w grzebienie mitochondrialne.
- Uzasadnij stwierdzenie, że liczba grzebień mitochondrialnych jest zależna od aktywności metabolicznej komórki.



7. Oceń prawdziwość zdań dotyczących cytoszkieletu komórki. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.

Zdanie	P/F
1. Układ włókien białkowych: mikrotubul, filamentów aktynowych (mikrofilamentów) i filamentów pośrednich nazywamy cytoszkieletem.	...
2. Mikrofilamenty to dynamiczne struktury w postaci pustych rurek.	...
3. Za wytrzymałość mechaniczną komórki są odpowiedzialne filamente pośrednie.	...

8. Wskaż struktury komórkowe otoczone podwójną błoną komórkową.
rybosom, mitochondrium, aparat Golgiego, jądro komórkowe, lizosom

9. Cytozol komórki jest podzielony siateczką śródplazmatyczną na przedziały wewnątrzkomórkowe. Wyjaśnij ich znaczenie dla funkcjonowania komórki.

10. Lizosomy odpowiadają za wewnątrzkomórkowe trawienie cząsteczek pokarmowych dzięki enzymom trawiennym – hydrolazom. Wyjaśnij, w jaki sposób komórka chroni się przed przedostaniem się hydrolaz do cytoplazmy i trawieniem jej zawartości.

A woman with dark hair in a bun, wearing a green tank top and black shorts, is running on a rocky beach. The background shows a calm sea and distant mountains under a sunset sky. The right side of the image has an orange gradient overlay.

IV. Metabolizm

- ▶ 1. Podstawowe zasady metabolizmu
- ▶ 2. Enzymy – biologiczne katalizatory
- ▶ 3. Oddychanie komórkowe
- ▶ 4. Oddychanie beztlenowe i fermentacja
- ▶ 5. Inne procesy metaboliczne



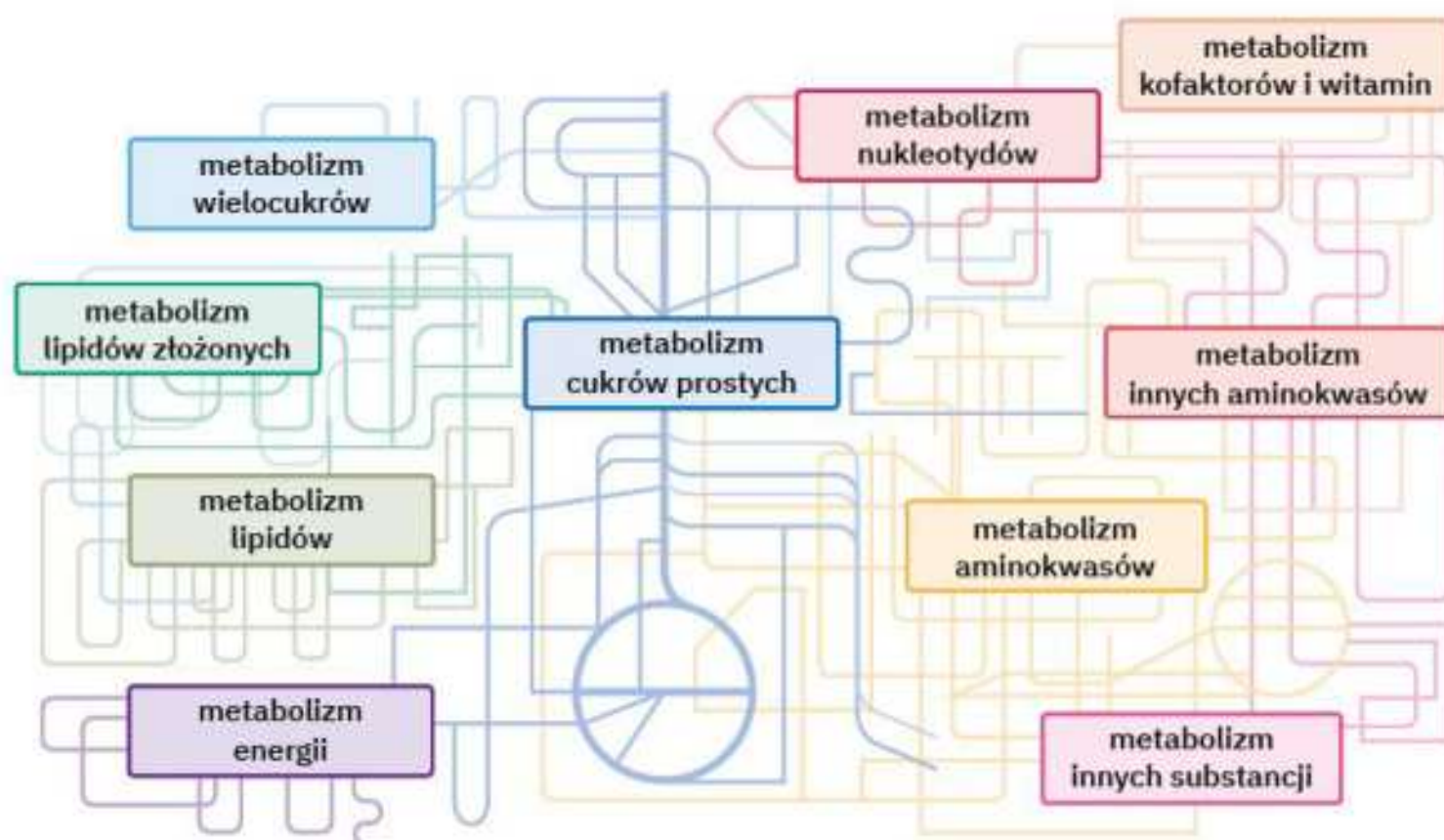
1. Podstawowe zasady metabolizmu

NA TEJ LEKCJI:

- zrozumiesz, czym jest metabolizm;
- poznasz rodzaje metabolizmu;
- dowiesz się, jak są zbudowane przenośniki energii w komórce i jakie funkcje pełnią.

metabolizm

Aktywność organizmu jest uwarunkowana przebiegającymi w jego komórkach reakcjami chemicznymi. Reakcje te umożliwiają wzrost, ruch, odpowiedź na bodźce czy rozmnażanie się. Leżący u podstaw tych procesów zbiór wzajemnie powiązanych i sprzężonych reakcji nazywamy **metabolizmem** (gr. *metabole* – przemiana). Gdybyśmy chcieli przedstawić schematycznie aktywność metaboliczną pojedynczej komórki, wyglądałaby ona tak jak na **rycinie IV.1.1**. Choć wydaje się, że jest to beładna plątanka reakcji chemicznych, w rzeczywistości stanowi ona precyzyjnie rozrysowaną i zaprogramowaną „mapę” aktywności komórki. Co więcej, te reakcje chemiczne przebiegają bez strat – brak jest nieużytecznych lub szkodliwych produktów ubocznych.



Ryc. IV.1.1. Aktywność metaboliczna pojedynczej komórki.

Reakcje wchodzące w skład metabolizmu dzielimy na:

anabolizm

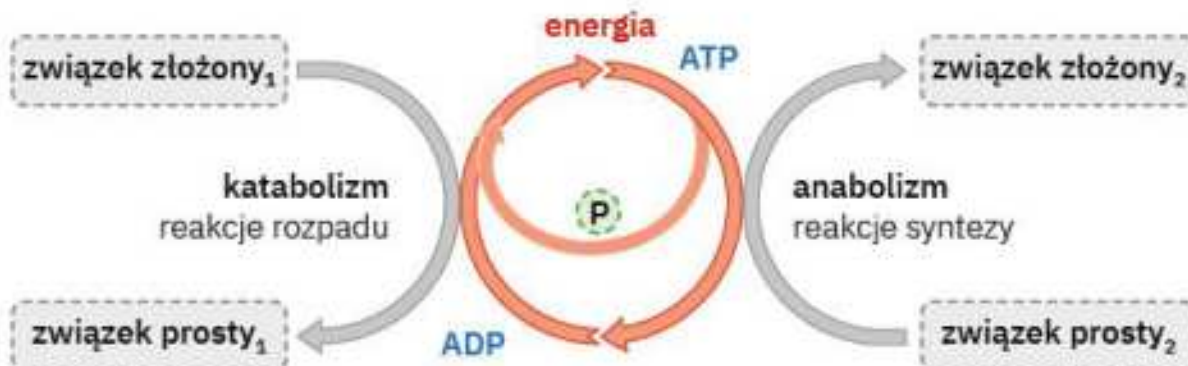
- **Anabolizm**, na który składają się reakcje syntezy złożonych produktów z prostych substratów (np. synteza polisacharydów z cukrów prostych czy synteza



białek z aminokwasów). Reakcje anaboliczne do swojego przebiegu wymagają zwykle dostarczenia energii, dlatego nazywamy je **endoergicznymi** (zużywającymi energię) (ryc. IV.1.2.).

- **Katabolizm**, który obejmuje reakcje rozkładu złożonych cząsteczek na proste związki chemiczne (np. rozkład skrobi na cukry proste czy rozkład białek na aminokwasy). Reakcje kataboliczne przebiegają z wydzieleniem energii, dlatego mówimy, że są **egzoergiczne** (ryc. IV.1.2.).

katabolizm



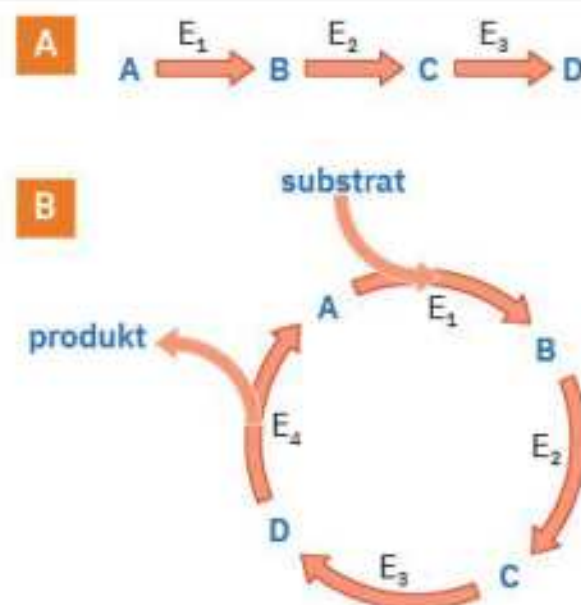
Ryc. IV.1.2. Metabolizm dzielimy na anabolizm i katabolizm.

Reakcje anaboliczne i kataboliczne są względem siebie komplementarne. Należy mieć na uwadze, że charakter anaboliczny lub kataboliczny danego procesu określa sumaryczny kierunek zachodzących w nim reakcji. Natomiast pojedyncze reakcje składające się na dany proces mogą być zarówno reakcjami syntezy, jak i rozpadu (np. w cyklu Krebsa; patrz rozdział IV.3.). Znaczna część energii uwalnianej w procesach katabolicznych jest wykorzystywana w procesach syntezy (anabolizm). Reakcje metaboliczne są zwykle wieloetapowe:

- **szlaków metabolicznych** – liniowych, następujących po sobie ciągów reakcji chemicznych, w których substrat ulega przekształceniu w produkt (np. glikoliza) (ryc. IV.1.3.);
- **cykli metabolicznych** – kołowych przemian chemicznych, w których po serii reakcji chemicznych dochodzi do odtworzenia substratu (np. cykl Krebsa) (ryc. IV.1.3.).

szlak i cykl metaboliczny

Znajomość przebiegu reakcji metabolicznych pozwala na zrozumienie wielu aspektów funkcjonowania komórki i organizmu w ogóle. Wiedza ta jest podstawą diagnostyki oraz terapii. Wiedzę na temat przebiegu szlaków i cykli metabolicznych oraz reakcji pośrednich można także wykorzystać do biologicznych procesów przemysłowych (np. produkcji przetworów mlecznych czy przy oczyszczaniu ścieków).



Ryc. IV.1.3. Typowe przemiany metaboliczne: A. szlak metaboliczny, B. cykl metaboliczny.

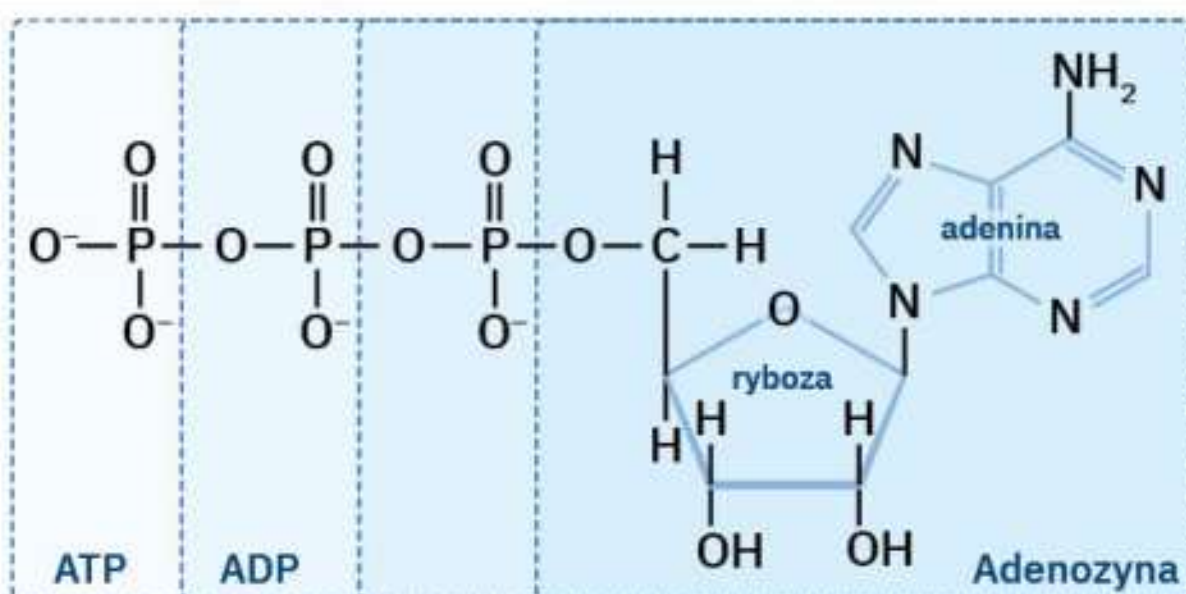


ATP

ATP – uniwersalnym przenośnikiem energii w komórce

Reakcje składające się na metabolizm przebiegają albo z wydzieleniem energii (egzoergiczne), albo z jej pochłanianiem (endoergiczne). Wymiana energii wymaga istnienia uniwersalnego jej nośnika, który w reakcjach syntezy będzie służył jako dawca, a w reakcjach rozkładu – jako biorca energii. Podobnie jak w handlu, uniwersalnym nośnikiem wartości danego produktu są pieniądze. Kiedy coś kupujemy, pula pieniędzy ulega zmniejszeniu, kiedy coś sprzedajemy – ilość pieniędzy się zwiększa. W komórce uniwersalnym środkiem wymiany energii jest **adenozynotri-fosforan**, czyli **ATP**. Możemy go zatem traktować jako obiegową walutę komórki. ATP gromadzi energię, pochodzącą z utleniania zawartych w pokarmach węglowodanów, tłuszczów czy białek. W reakcjach wymagających energii (np. warunkujących ruch, aktywny transport, biosyntezy) ATP jest jej natychmiastowym donorem.

Z chemicznego punktu widzenia ATP jest nukleotydem składającym się z adeniny (zasada azotowa), rybozy (cukier) oraz trzech reszt fosforanowych (**ryc. IV.1.4.**). Połączenie ze sobą reszt fosforanowych przypomina połączone ze sobą wagony pociągu, które można przyłączać lub odłączać, w zależności od potrzeby.



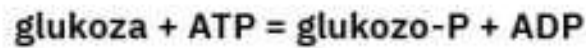
Ryc. IV.1.4. ATP to przenośnik energii zbudowany z adeniny, rybozy i trzech reszt fosforanowych. Hydroliza ATP prowadzi do powstania ADP i nieorganicznego fosforanu.

Odłączenie reszty fosforanowej od ATP w wyniku hydrolizy wiązania fosforanowego prowadzi do powstania adenosynodifosforanu (ADP) i uwolnienia reszty fosforanowej w postaci nieorganicznego fosforanu (P_i) (**ryc. IV.1.5.**). Reakcja ta jest egzoergiczna i przebiega z wyzwoleniem dużych ilości energii (**ryc. IV.1.5.**). Zatem energia w ATP znajduje się w **wysokoenergetycznych wiązaniach** między resztami fosforanowymi.

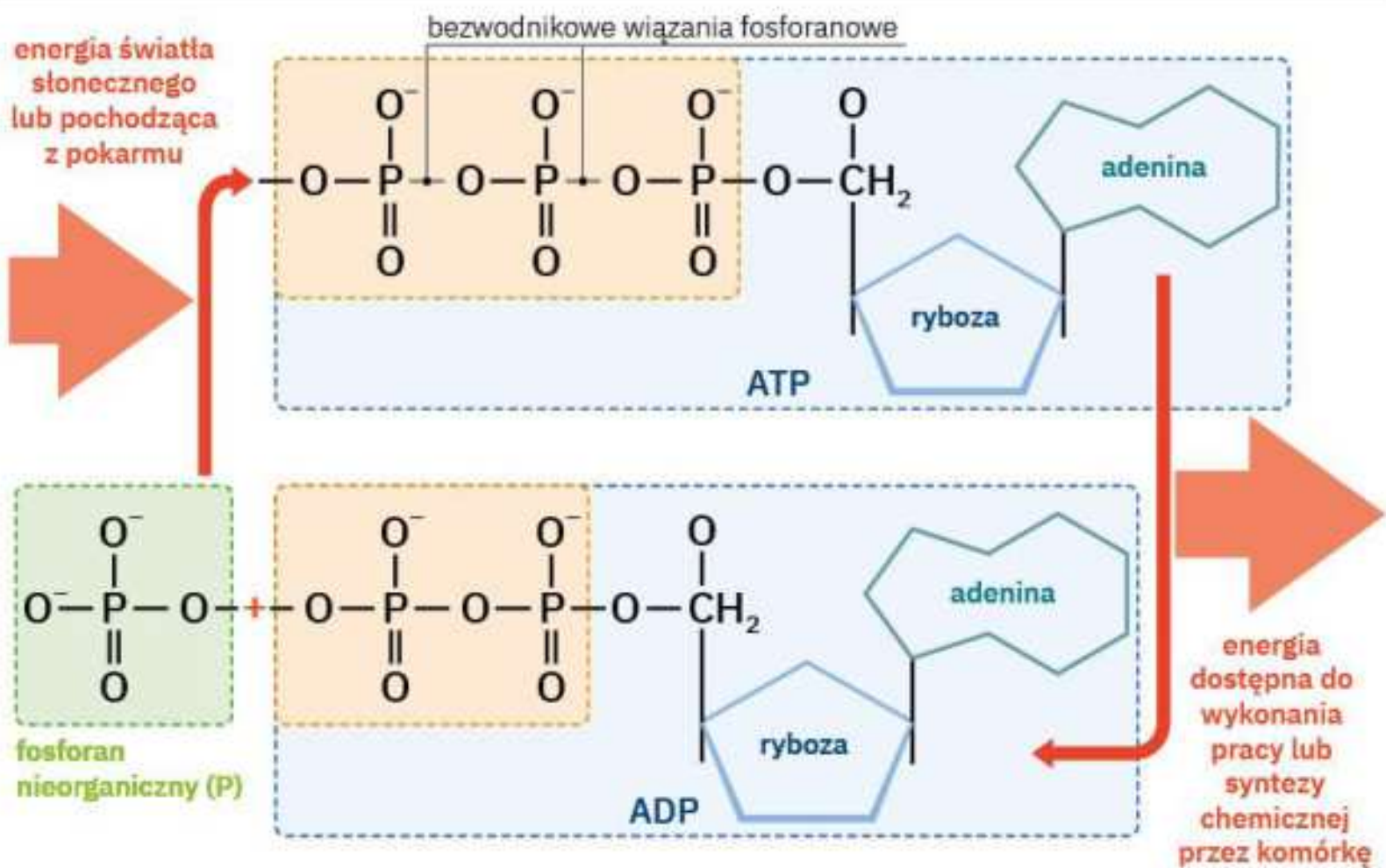


W komórce reakcja hydrolizy ATP (do ADP i P_i) jest sprzężona z reakcjami endoergicznymi (wymagającymi dostarczenia energii). Przykład takiej reakcji to synteza sacharozy z cząsteczek glukozy i fruktozy. Uproszczony schemat tej reakcji możemy zapisać następująco:

Wiązania w ATP



Zatem można powiedzieć, że ATP pośredniczy w reakcjach metabolicznych komórki i łączy reakcje egzoergiczne z endoergicznymi. Cykl ATP–ADP jest podstawowym sposobem wymiany energii w układach biologicznych (**ryc. IV.1.5.**).



Ryc. IV.1.5. Cykl ATP–ADP łączy reakcje endoergiczne z egzoergicznymi.

W komórkach zwierzęcych ATP powstaje przede wszystkim w **mitochondriach**, a w komórkach roślinnych oprócz mitochondriów głównym producentem są **chloroplasty** (w czasie fotosyntezy). ATP nie może być transportowany pomiędzy komórkami ani też w obrębie komórki. Należy zaznaczyć, że ATP jest bezpośrednim donorem energii, a nie jej formą długotrwałego magazynowania. W typowej komórce cząsteczka ATP jest zużywana w ciągu 1 minuty. W ciągu doby w czasie odpoczynku człowiek wykorzystuje około 40 kg ATP. Wysiłek fizyczny powoduje znaczny wzrost zużycia ATP (do 0,5 kg na minutę). Na przykład na dwugodzinny bieg potrzeba aż 60 kg ATP (**ryc. IV.1.6.**). Zatem kluczowe w tym przypadku są reakcje kataboliczne, w czasie których ATP jest syntetyzowane.

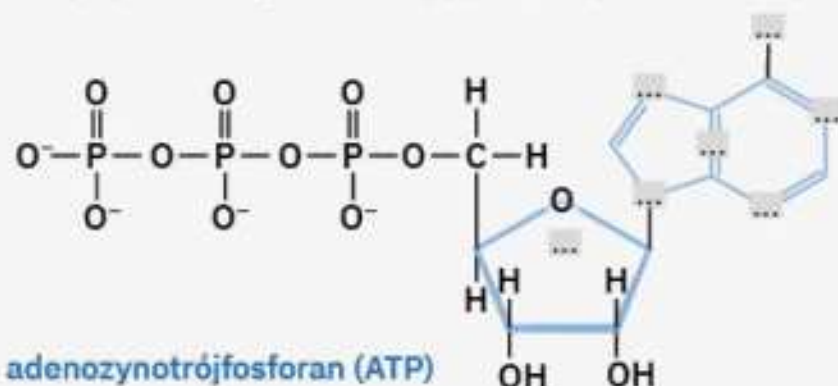


Ryc. IV.1.6. Aktywność fizyczna wzmacnia zużycie ATP. Podczas dwugodzinnego biegu człowiek zużywa aż 60 kg ATP.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wytłumacz, co oznacza pojęcie *metabolizm*. Wyjaśnij, na czym polega różnica pomiędzy anabolizmem i katabolizmem.
2. Przerysuj schemat przedstawiający budowę ATP do zeszytu i podpisz elementy jego budowy.



adenozynotrójfosforan (ATP)

3. Uzasadnij rolę ATP jako uniwersalnego nośnika energii.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 102

Metabolizm to zbiór wszystkich reakcji chemicznych i przemian energii zachodzących w komórkach.

s. 102

Anabolizm to endoergiczne reakcje syntezy, a **katabolizm** to egzoergiczne reakcje rozkładu.

s. 103

Reakcje składające się na metabolizm mogą mieć formę wieloetapowych **szlaków** lub **cykli metabolicznych**.

s. 104

ATP jest uniwersalnym środkiem wymiany energii w komórce.

s. 104

Energia w ATP jest zawarta w dwóch **wysokoenergetycznych wiązaniach** między resztami fosforanowymi.

2. Enzymy – biologiczne katalizatory

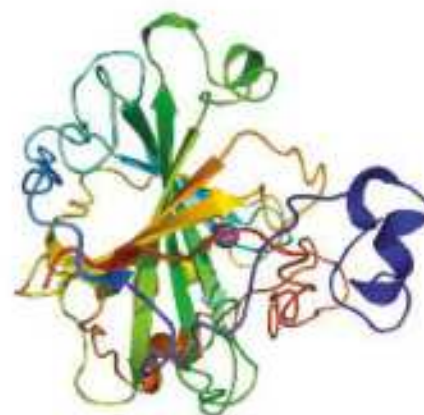
NA TEJ LEKCJI:

- poznasz budowę i funkcję enzymów;
- przeanalizujesz przebieg reakcji enzymatycznej;
- prześledzisz, jakie czynniki wpływają na aktywność enzymów;
- dowiesz się, do czego wykorzystuje się enzymy.

Na metabolizm komórkowy składają się tysiące pojedynczych reakcji chemicznych. Reakcje te muszą przebiegać z pewną określoną szybkością, aby dostarczać konkretnych produktów w odpowiednim czasie i miejscu. W komórce szybkość reakcji chemicznych warunkują **enzymy**. Enzymy są **biologicznymi katalizatorami**, czyli



cząsteczkami, które przyspieszają reakcję chemiczną, ale nie ulegają zużyciu. Gdybyśmy te same reakcje, które zachodzą w komórce, przeprowadzili bez użycia enzymów, trwałyby one nawet latami (**tab. IV.2.1.**). Enzymy przyspieszają reakcję chemiczną około milionkrotnie. Dlatego mówimy, że kataliza enzymatyczna jest podstawą zachodzenia procesów życiowych na Ziemi. Na przykład prosta reakcja uwodnienia dwutlenku węgla pozwalająca na transport CO_2 z tkanek do płuc jest katalizowana enzymatycznie przez anhydrazę węglanową (**ryc. IV.2.1.**). Reakcja w obecności enzymu zachodzi 10^7 razy szybciej niż bez enzymu.



Ryc. IV.2.1. Anhydraza węglanowa jest jednym z najszybszych enzymów i katalizuje reakcję uwodnienia dwutlenku węgla.

Tab. IV.2.1. Stopień przyspieszenia reakcji przez niektóre enzymy

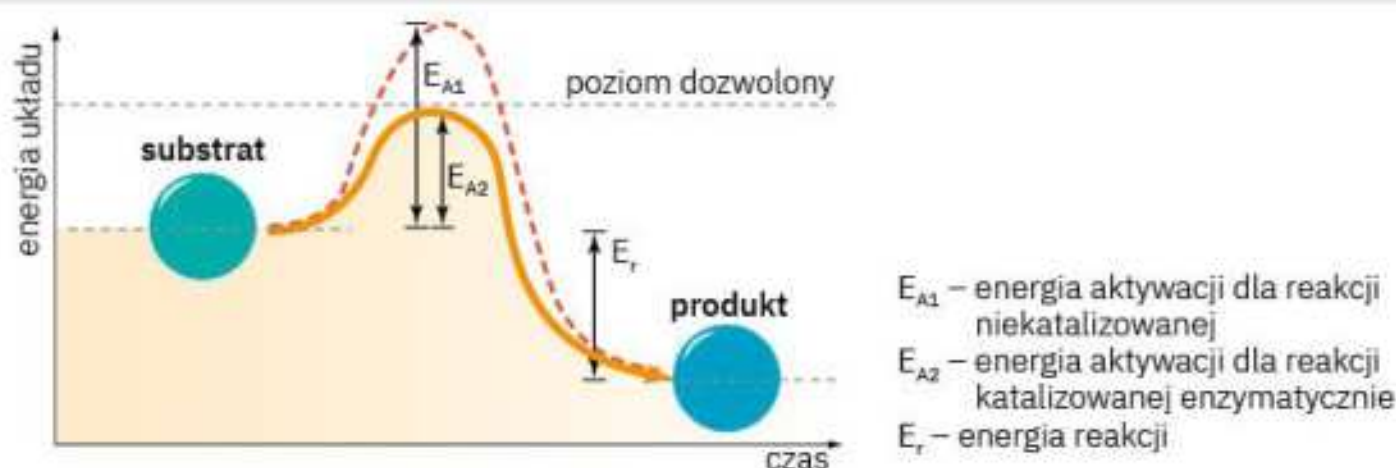
Enzym	Okres półtrwania* reakcji bez enzymu	Szybkość reakcji bez enzymu	Szybkość reakcji z enzymem
dekarboksylaza OMP	78 000 000 lat	$2,8 \times 10^{-16}$	39
nukleaza <i>Staphylococcus</i>	130 000 lat	$1,7 \times 10^{-13}$	95
karboksypeptydaza A	7,3 roku	$3,0 \times 10^{-9}$	578
izomeraza triozofosforanowa	1,9 dnia	$4,3 \times 10^{-6}$	4300
anhydraza węglanowa	5 sekund	$1,3 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^6$

*Okres półtrwania reakcji chemicznej to czas, w którym stężenie substratu reakcji chemicznej maleje do połowy wartości początkowej.

Enzymy obniżają energię aktywacji

Do zajścia reakcji chemicznych konieczna jest energia, która pozwala na zerwanie wiązań chemicznych i zapoczątkowanie przemian. Energię tę nazywamy **energią aktywacji** (EA) (**ryc. IV.2.2.**). Enzymy przyspieszają reakcję chemiczną poprzez **obniżenie energii aktywacji** koniecznej do jej zainicjowania. Oznacza to, że w danej jednostce czasu mniejszy nakład energetyczny jest w stanie pobudzić większą liczbę cząsteczek. Reakcja zatem będzie przebiegała szybciej.

obniżenie
energii aktywacji



Ryc. IV.2.2. Enzymy obniżają energię aktywacji, dzięki czemu reakcja przebiega szybciej.



Budowa i działanie enzymów

Wszystkie znane enzymy są białkami, które mogą być zbudowane z jednego lub kilku łańcuchów polipeptydowych. Miejsce na enzymie odgrywające zasadniczą rolę w działaniu enzymu nazywa się **centrum aktywnym** enzymu (ryc. IV.2.3.). Centrum aktywne stanowi trójwymiarową szczelinę lub zagłębienie, w której są umieszczone określone reszty aminokwasowe łańcucha polipeptydowego nawiązujące bezpośredni kontakt z substratem. Ciekawe jest, że centrum aktywne stanowi tylko niewielką część całego enzymu. Reszta aminokwasów budująca enzym stanowi rusztowanie dla centrum aktywnego.



kompleks
enzym – substrat

Do centrum aktywnego enzymu przyłącza się określony substrat, czyli substancja, na którą enzym działa. W reakcji enzymatycznej dochodzi do wytworzenia przejściowego **kompleksu enzym – substrat (kompleks E–S)** (ryc. IV.2.3.). Po utworzeniu kompleksu E–S, bliski kontakt i odpowiednie ułożenie reagentów ułatwiają rozrywanie wiązań chemicznych i tworzenie nowych. Substrat ulega przemianie w produkt, który jest uwalniany z enzymu. Enzym nie zużywa się – ta sama cząsteczka enzymu wiąże kolejną cząsteczkę substratu.

kofaktor

Około 30% znanych enzymów potrzebuje do swojej aktywności dodatkowych, niebiałkowych składników, które nazywamy **kofaktorami**. Kofaktorami mogą być jony metali (np. magnezu czy wapnia), mikroelementy (żelazo, selen, cynk) lub **koenzymy** (np. pochodne witamin).

specyficzność
substratowa

Enzymy biorą udział niemal w każdej reakcji chemicznej organizmu. Wiele enzymów działa tylko na jeden substrat i tę ich cechę nazywamy **specyficznością substratową**. Enzymy wykazują także **specyficzność katalizowanej reakcji**, co oznacza, że katalizują określony typ reakcji, a czasami jedną konkretną reakcję chemiczną.

Dotychczas zidentyfikowano ponad 4000 enzymów. Każdy z nich ma swoją nazwę. W dawnych czasach odkrywca enzymu nazywał go sam wedle swojego uznania. Stąd wiele potocznych nazw enzymów funkcjonujących do dziś, np. katalaza czy pepsyna. Ponieważ liczba nowo odkrywanych enzymów stale wzrastała, a nadawanie im nazwy nic nie mówiło o rodzaju katalizowanej reakcji, w 1961 roku Międzynarodowa Unia Biochemiczna wprowadziła jednolitą klasyfikację i nomenklaturę enzymów. Enzymy podzielono na sześć klas na podstawie rodzaju reakcji, które katalizują: oksydoreduktazy, transferazy, hydrolazy, liazy, izomeryzy i ligazy.



czynniki
wpływające
na aktywność
enzymów

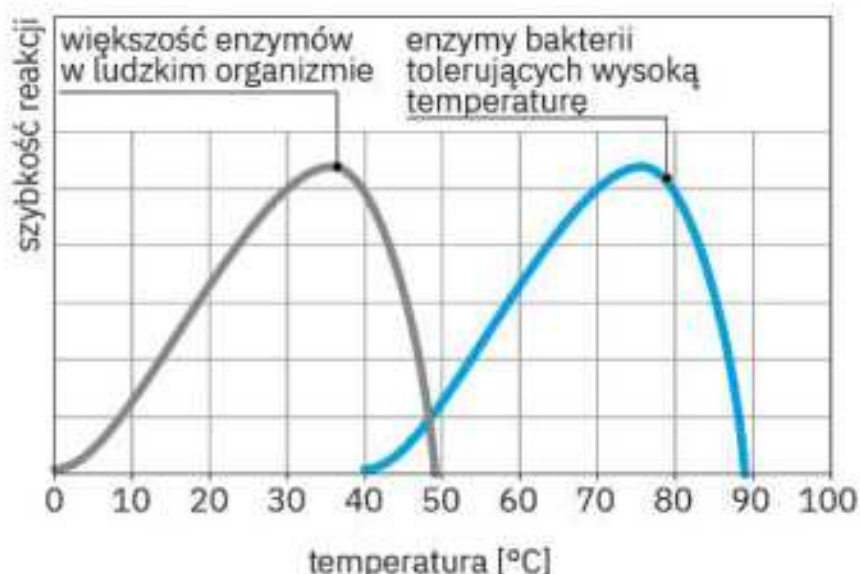
Czynniki wpływające na aktywność enzymów

Ponieważ enzymy są białkami, na ich aktywność wpływa wiele czynników: **temperatura**, **pH** (skala kwasowości i zasadowości roztworów), związki o charakterze **inhibitorów** i **aktywatorów** oraz **stężenie substratu** (od którego zależy głównie szybkość reakcji enzymatycznej). Każdy enzym działa najwydajniej w ściśle dopasowanych dla siebie warunkach, które nazywamy **warunkami optymalnymi**.

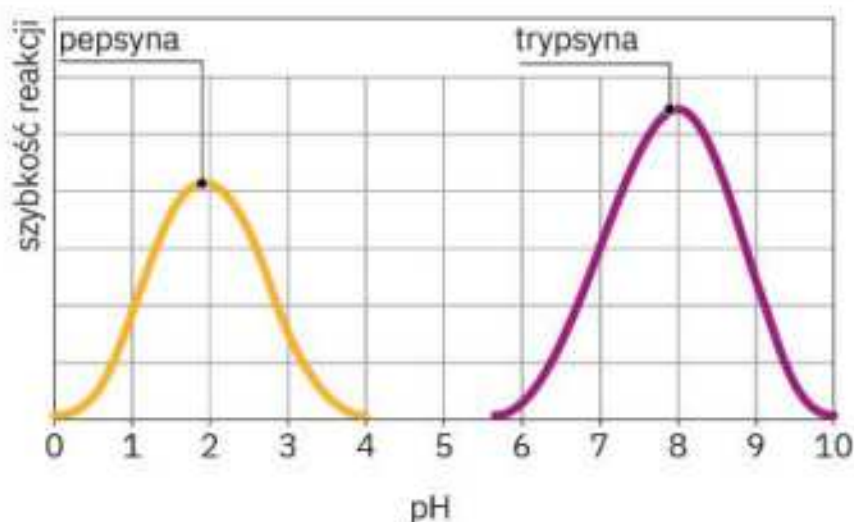
■ Temperatura i pH

Wraz ze wzrostem temperatury do pewnego stopnia wzrasta też szybkość reakcji enzymatycznej (**ryc. IV.2.4.**). Dalszy wzrost temperatury powoduje gwałtowny spadek szybkości reakcji związany z utratą natywnej konformacji enzymu, czyli denaturacją białka. Każdy enzym ma swoje **optimum temperaturowe**, przy którym szybkość reakcji jest największa (**ryc. IV.2.4.**). Dla większości enzymów ludzkich ten zakres mieści się w granicach 35–40°C (temperatura ciała ludzkiego). Są organizmy, np. termofilne bakterie żyjące w gorących źródłach czy gejzerach, których enzymy mają optimum temperaturowe w granicach 70°C lub więcej (**ryc. IV.2.4.**). Te enzymy są szeroko wykorzystywane w przemyśle (np. do produkcji proszków do prania), ochronie środowiska (w oczyszczalniach ścieków), a także w biotechnologii.

Do osiągnięcia maksymalnej wydajności enzym musi mieć także **optymalne pH**, które dla większości biokatalizatorów mieści się w przedziale 6–8 (**ryc. IV.2.5.**). Od tych wartości jest jednak wiele odstępstw. Na przykład pepsyna – enzym trawienny działający w żołądku człowieka – działa najskuteczniej w pH = 2. Pepsyna utrzymuje swoją funkcjonalną formę w kwasowym środowisku żołądka, podczas gdy inne enzymy są w nim denaturowane, np. chymotrypsyna (enzym trzustkowy), którego optymalne pH wynosi 8.



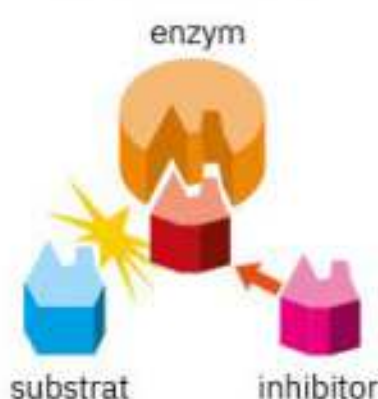
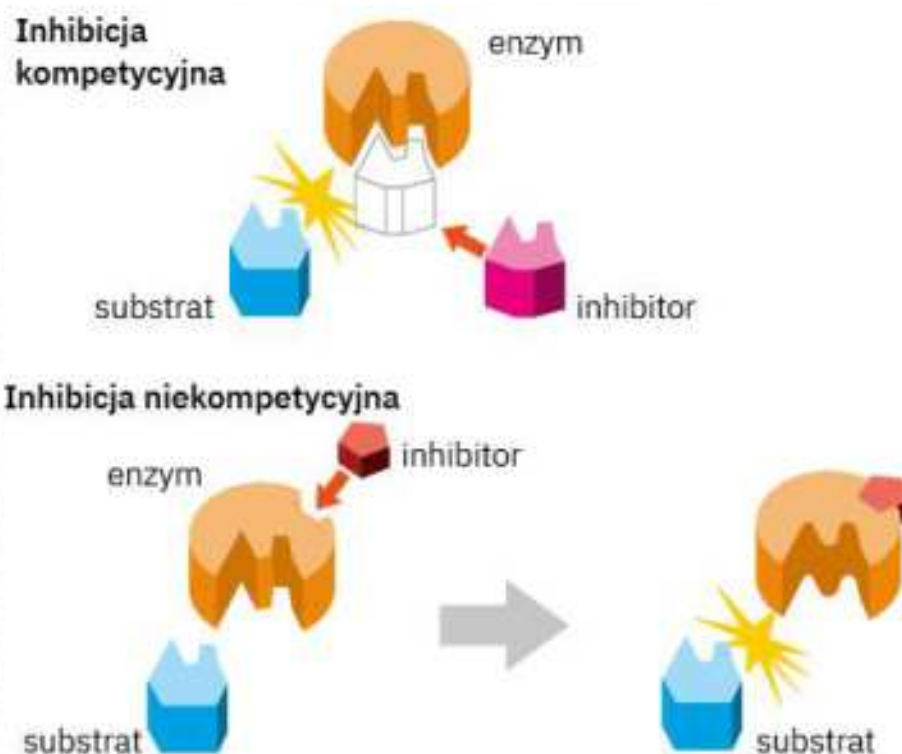
Ryc. IV.2.4. Wpływ temperatury na aktywność enzymów. Wraz ze wzrostem temperatury wzrasta aktywność enzymu: największa jest w tzw. temperaturze optymalnej, po której następuje spadek aktywności enzymu będący skutkiem jego denaturacji. Optimum temperaturowe dla enzymów komórek człowieka wynosi około 37°C, a dla enzymów bakterii termofilnych to ponad 70°C.



Ryc. IV.2.5. Wpływ pH na aktywność enzymów. Pepsyna – enzym żołądkowy hydrolizujący białko – wykazuje największą aktywność w pH kwaśnym (pH 2); trypsyna wydzielana przez trzustkę działa najlepiej w pH lekko zasadowym (pH 8).

**inhibitor****Inhibitory i aktywatory**

Aktywność enzymów może być specyficznie hamowana przez niektóre związki, które nazywamy **inhibitorami**. Inhibitory dzielimy na **nieodwracalne** i **odwracalne** (ryc. IV.2.6.). Jeśli inhibitor wiąże się kowalencyjnie z cząsteczką enzymu, to takie hamowanie jest nieodwracalne. Na zasadzie inhibicji nieodwracalnej działają liczne trucizny, toksyny czy antybiotyki (np. penicylina).

INHIBICJA NIEODWRACALNA**INHIBICJA ODWRACALNA**

Ryc. IV.2.6. Rodzaje inhibicji enzymatycznej.

inhibitory kompetycyjne i niekompetycyjne

Inhibitory odwracalne wiążą się z enzymem za pomocą słabych wiązań i taką inhibicję można zwykle cofnąć. Do inhibitorów odwracalnych zaliczamy **inhibitory kompetycyjne i niekompetycyjne** (ryc. IV.2.6.). Inhibitor kompetycyjny swoim kształtem przypomina cząsteczkę substratu i konkuruje (ang. *compete*) z nim o centrum aktywne enzymu. Przyłączając się do enzymu, hamuje powstawanie produktu. Ten rodzaj inhibicji można przezwyciężyć poprzez wzrost stężenia substratu, tak aby przy centrach aktywnych gromadziło się ich więcej i aby „wygrywały” konkurencję o przyłączenie się do tego miejsca. Inhibitory niekompetycyjne przyłączają się do innej części enzymu (ryc. IV.2.6.). W takiej sytuacji enzym może wiązać substrat, ale obecność inhibitora niekompetycyjnego modyfikuje konformację enzymu, przez co centrum aktywne staje się mniej wydajne w przekształcaniu substratu w produkt lub w ogóle tej reakcji nie przeprowadza. Należy zaznaczyć, że inhibicja to nie tylko niepożądane zjawisko prowadzące do zahamowania aktywności enzymów. To także ważny mechanizm regulujący i kontrolujący metabolizm komórkowy.

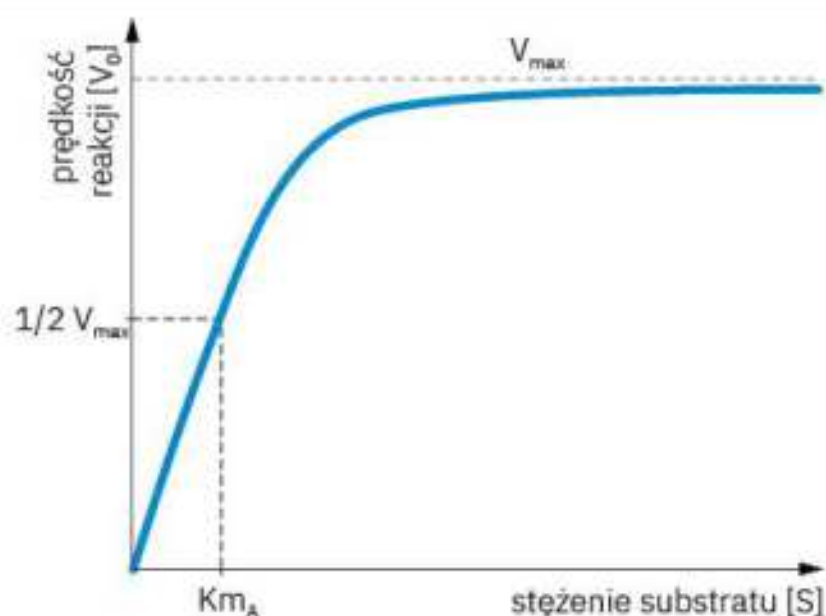
W przeciwieństwie do inhibitorów **aktywatory** to substancje, które zwiększają szybkość katalizowanej przez enzymy reakcji. W większości przypadków działają one poprzez zmianę konformacji enzymów. Aktywatorami enzymów mogą być np. jony metali.



■ Stężenie substratu

Badanie szybkości reakcji katalizowanych przez enzymy nazywamy **kinetyką enzymatyczną**. Kinetyka enzymatyczna służy m.in. zrozumieniu, jak szybko enzym może działać przy stężeniach substratów dostępnych w komórce.

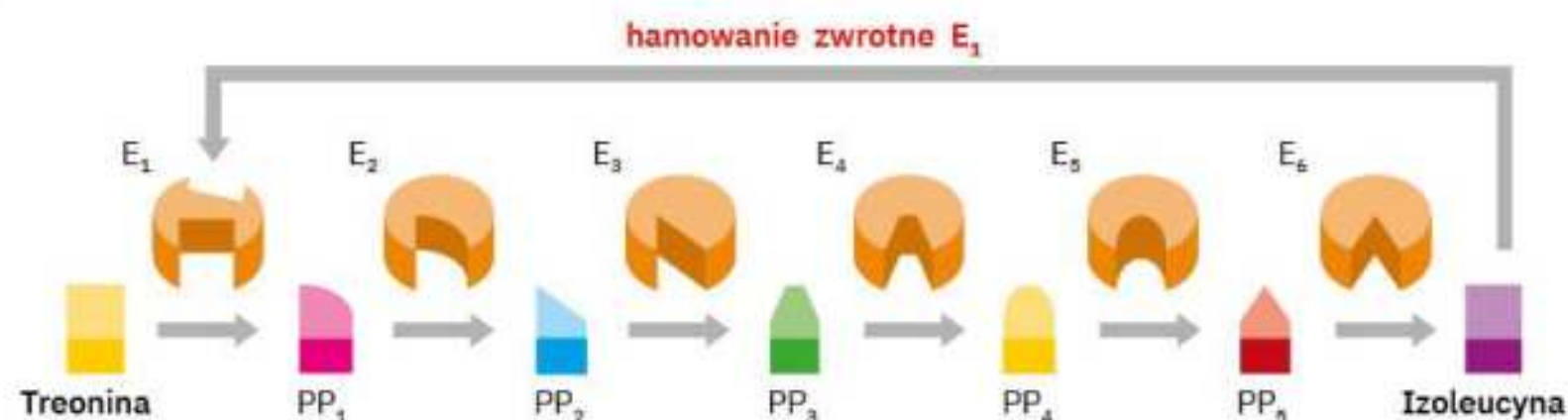
Jak pokazano na rycinie, szybkość reakcji enzymatycznej rośnie liniowo wraz ze wzrostem stężenia substratu, a następnie zwalnia, osiągając maksymalną, stałą wartość przy wyższych stężeniach, czyli tzw. **szybkość maksymalną** $V_{\max}$. Dogodnym parametrem określającym efektywność działania enzymu jest także **stała Michaelisa-Menten** (czytaj: stała michealisa-menten), czyli K_M . Stała ta jest równa takiemu stężeniu substratu, przy którym szybkość reakcji osiąga połowę szybkości maksymalnej. Stała Michaelisa-Menten odzwierciedla aktywność enzymu i jego powinowactwo z substratem. Im mniejsze K_M , tym większe powinowactwo enzymu z substratem.



Ryc. IV.2.7. Kinetyka enzymów Michaelisa-Menten, czyli wykres zależności szybkości reakcji początkowej V_0 od stężenia substratu S .

Regulacja aktywności enzymów w komórce

Gdyby reakcje metaboliczne zachodzące w komórce nie podlegały kontroli, panowałby ogromny chaos. Kontrola enzymów odbywa się zarówno na poziomie genetycznym (włączanie i wyłączanie genów), jak i molekularnym poprzez sterowanie ich aktywnością. Przykładem takiej regulacji jest **sprzężenie zwrotne ujemne**. Polega ono na wyłączeniu określonego szlaku metabolicznego poprzez wiązanie się końcowego produktu z enzymem działającym na którymś z początkowych etapów (**ryc. IV.2.8.**). Hamowanie przez sprzężenie zwrotne ujemne chroni komórkę przed nadmierną ilością danego związku chemicznego, który stanowiłby zbędny dla niej balast.



Ryc. IV.2.8. Regulacja aktywności enzymu przez sprzężenie zwrotne ujemne. Końcowy produkt (w tym przypadku izoleucyna) jest inhibitorem pierwszego enzymu E_1 katalizującego pierwszą reakcję szlaku metabolicznego (powstawanie produktu PP_1 z treoniny). Następuje zahamowanie tej reakcji i w efekcie nie dochodzi do syntezy produktu PP_1 .



wykorzystanie enzymów

Znaczenie i wykorzystanie enzymów



Tu nakleić kod paskowy

Nie dotykać powierzchni krążków!
Nie używać bibuły uszkodzonych!

PeSEL: _____

Nazwisko: _____

Płeć: _____

Imię matki: _____

Data urodz.: _____ Godz.: _____

Data pobr.: _____ Godz.: _____

Cięża: _____ Hbd: _____

Apgar: _____ Transfuzja? data: _____

Antybiotyki? _____

Karmienie: Piers ☐ Butelka ☐ Pozaustrojowo ☐

Adres do kontaktu: _____

Telefon: _____

Pobrał: _____

MM/YYYY

Ryc. IV.2.9. Test przesiewowy na fenyloketonurię wykonuje się u wszystkich noworodków. Kilka kropli krwi pobiera się na specjalną bibułę i wysyła do jednego z ośrodków prowadzących oznaczenia.

Enzymy są kluczowymi elementami metabolizmu komórkowego. O ich znaczeniu możemy się dodatkowo przekonać, rozpatrując schorzenia, których przyczyną jest brak któregoś z nich. Przykładem zaburzeń metabolicznych związanych z brakiem enzymów jest **fenyloketonuria**. Fenyloketonuria to choroba będąca wynikiem mutacji genu kodującego enzym katalizujący przekształcenie aminokwasu fenyloalaniny w inny aminokwas – tyrozynę. Brak wspomnianego enzymu powoduje nagromadzenie się fenyloalaniny i jej produktów oraz niedobór tyrozyny. Brak leczenia grozi uszkodzeniem mózgu. W Polsce wszystkie noworodki są poddawane **badaniu przesiewowemu** w celu wykrycia fenyloketonurii (oznaczenia polegają na określeniu stężenia fenyloalaniny we krwi dziecka) (**ryc. IV.2.9.**). W przypadku wystąpienia tej choroby stosuje się dietę eliminującą fenyloalaninę z pokarmów.

Znajomość budowy enzymów, a także reakcji, które katalizują, oraz specyficznych dla nich substratów jest od dawna wykorzystywana w medycynie. Ilościowe oznaczenia enzymów jako tzw. **markery molekularne chorób** są szeroko stosowane w diagnostyce oraz w terapii (**tab. IV.2.2.**). Zmiany stężenia tych związków dają istotną informację o wystąpieniu, postępie lub zahamowaniu choroby.

Tab. IV.2.2. Przykłady markerów enzymatycznych oraz odpowiadających im chorób stosowanych w diagnostyce medycznej

Enzym – marker molekularny	Skrót	Choroba
dehydrogenaza mleczanowa	LDH	choroby nowotworowe (nowotwory mózgu, żołądka)
kinaza fosfokreatynowa	CPK	zawał mięśnia sercowego, uszkodzenie mięśni
amylaza	AMY	świnka, kamica przewodów żółciowych, zapalenie trzustki
fosfataza zasadowa	AP	nadczynność przytarczyc, krzywica, nowotwory kości, uszkodzenie nerek, żółtaczka zaporowa, marskość wątroby, nowotwór płuc, jajników, rak ogona trzustki
fosfataza kwaśna prostatowa	PSA	nowotwór prostaty

Enzymy znalazły także zastosowanie w leczeniu. Na ich bazie powstają tzw. **leki enzymatyczne**, które mają zastosowanie w terapii wielu chorób (np. lipaza w leczeniu chorób trzustki czy laktaza stosowana przy nietolerancji laktozy).



Enzymy towarzyszą nam w życiu codziennym. Są szeroko wykorzystywane w:

- przemyśle spożywczym: do produkcji serów (np. enzym podpuszczka) czy do klarowania soków
- chemii leków
- ochronie środowiska (np. w procesie oczyszczania biologicznego)
- gospodarstwach domowych (np. enzymatyczne proszki do prania, enzymatyczne wywabiacze plam)
- nauce: w biologii, chemii, medycynie, farmacji, analityce medycznej i wielu innych.

Eksperyment

Wpływ temperatury na aktywność katalazy

Wprowadzenie: Katalaza to enzym przeprowadzający reakcję rozkładu nadtlenku wodoru do wody i tlenu. Występuje zarówno w tkankach zwierzęcych (np. we krwi), jak i roślinnych (np. w bulwach ziemniaka).

Problem badawczy: Czy wysoka temperatura powoduje dezaktywację katalazy?

Hipoteza badawcza: Wysoka temperatura powoduje dezaktywację katalazy.

Instrukcja przeprowadzenia doświadczenia: Bulwę ziemniaka zhomogenizuj i przeciśnij przez gazę w celu uzyskania przesączu. W dwóch zlewkach o pojemności 50 ml umieść po 25 ml przesączu. Do jednej ze zlewek dodaj około 2 ml 3-procentowego roztworu nadtlenku wodoru (woda utleniona; próba kontrolna). Przesącz w drugiej zlewce, doprowadź do wrzenia i gotuj około 5 minut. Po tym czasie dodaj 2 ml nadtlenku wodoru (próba badana). W obu zlewkach obserwuj wydzielanie się bąbelków tlenu.

Opracowanie wyników: Przerysuj do zeszytu i uzupełnij poniższą tabelę.

	Próba kontrolna	Próba badana
Pienienie się roztworu	...	...
Zmiana barwy roztworu	...	...

Wnioski: Sformułuj wniosek.

Poszukaj, dowiedz się i wyjaśnij: Kiedy polejemy zranioną skórę wodą utlenioną, obserwujemy intensywne pienienie się. Dlaczego tak się dzieje? W jakim celu w takiej sytuacji jest stosowana woda utleniona?

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wytlumacz, na czym polega mechanizm działania enzymów w odniesieniu do ich budowy.
2. Wyjaśnij, z czego wynika duża liczba enzymów w komórce.
3. Wymień czynniki wpływające na aktywność enzymatyczną.
4. Wyjaśnij pojęcia: *szybkość maksymalna*, *stała Michaelisa*, *kinetyka*.





PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 106 Enzymy są **biokatalizatorami** i przyspieszają reakcję chemiczną, lecz nie ulegają zużyciu.
- s. 107 Enzymy przyspieszają reakcję chemiczną poprzez **obniżenie energii aktywacji**.
- s. 108 Substrat przyłącza się do enzymu w centrum aktywnym, tworząc **kompleks enzym – substrat** (kompleks E-S).
- s. 108 Niektóre enzymy wymagają **kofaktorów** (jonów metali, koenzymów) do swojej aktywności.
- s. 108 Enzymy wykazują wysoką **specyficzność względem substratu** oraz katalizowanej reakcji.
- s. 109 Na **aktywność enzymów** wpływa temperatura, pH, inhibitory, aktywatory oraz stężenie substratu.
- s. 110 **Inhibitory** dzielimy na odwracalne (kompetycyjne i niekompetycyjne) oraz nieodwracalne.
- s. 110 **Inhibitor kompetycyjny** kształtem przypomina substrat i przyłącza się zamiast niego do centrum aktywnego enzymu.
- s. 110 **Inhibitor niekompetycyjny** ma inny kształt niż substrat i przyłącza się w innym miejscu na enzymie niż centrum aktywne.
- s. 112 Enzymy **wykorzystuje się w diagnostyce lekarskiej**, w farmacji oraz w wielu gałęziach przemysłu.

3. Oddychanie komórkowe

NA TEJ LEKCJI:

- zrozumiesz, na czym polega oddychanie komórkowe;
- poznasz rodzaje oddychania komórkowego;
- przeanalizujesz przebieg kolejnych etapów oddychania tlenowego;
- dowiesz się, jaki jest bilans energetyczny oddychania komórkowego.

oddychanie
komórkowe
warunki tlenowe
i beztlenowe

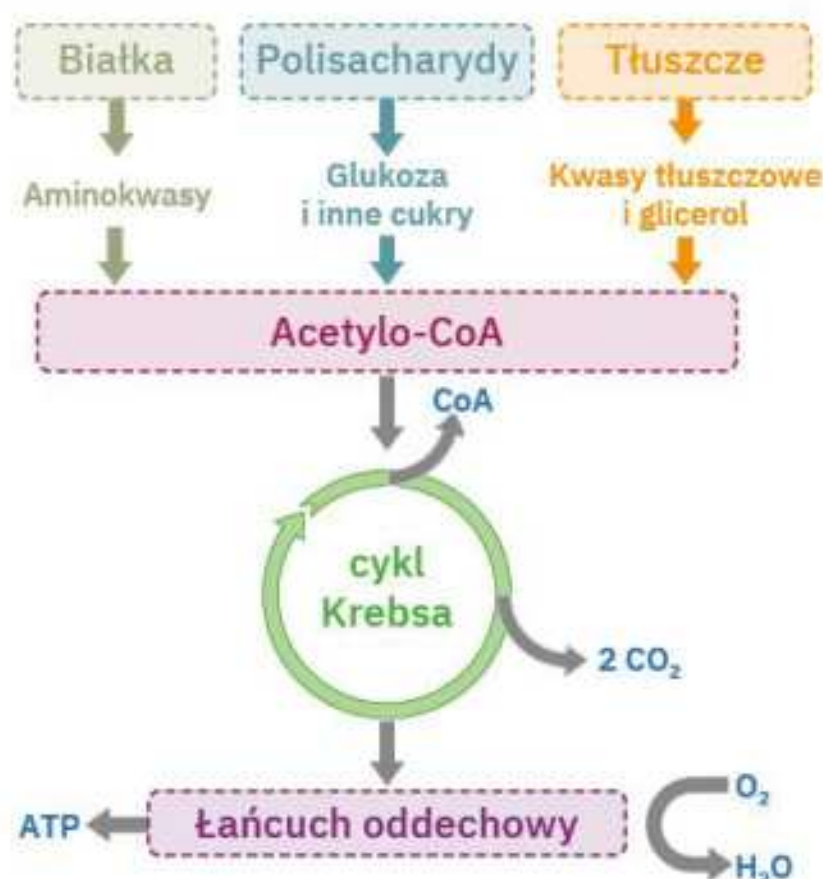
W jaki sposób energia zgromadzona w pokarmach jest wykorzystywana przez organizm? Makrocząsteczki, które wchodzą w skład naszego pożywienia, są najpierw rozkładane do prostych związków i wraz z krwią transportowane do wszystkich komórek organizmu. W komórkach energia wiązań chemicznych tych związków zostaje przekształcona w energię chemiczną zgromadzoną w ATP. Podstawowy proces kataboliczny, w którym zachodzą te reakcje, to **oddychanie komórkowe**. Oddychanie komórkowe może przebiegać w obecności tlenu lub bez jego dostępu. To pierwsze nazywamy **oddychaniem tlenowym** (aerobowym), a drugie – **oddychaniem beztlenowym** (anaerobowym). Bez udziału tlenu przebiega także **fermentacja**. Wszystkie te szlaki są egzoergiczne, gdyż uwalniają energię, która jest wykorzystywana przez komórkę.



Oddychanie tlenowe

oddychanie tlenowe

Oddychanie tlenowe przebiega w obecności tlenu (O_2) zarówno u organizmów prokariotycznych, jak i eukariotycznych. W czasie tego procesu składniki pokarmu są rozkładane do prostych związków nieorganicznych, czyli dwutlenku węgla i wody, z równoczesnym wydzieleniem dużych ilości energii. Podstawowe substraty oddychania tlenowego to drobnocząsteczkowe związki powstające w czasie trawienia pokarmów, m.in. glukoza, kwasy tłuszczowe, glicerol czy aminokwasy. Związki te ulegają przekształceniu w aktywną, dwuwęglową cząsteczkę – **acetylo-CoA** (czytaj: acetylokoenzym A), który jest substratem dla kolejnych etapów oddychania tlenowego (ryc. IV.3.1.). Ponieważ w komórkach organizmów glukoza to główny węglowodan i ważne paliwo energetyczne (przede wszystkim dla mózgu i erytrocytów), omawianie oddychania komórkowego rozpoczniemy od glikolizy – czyli szlaku katabolicznego glukozy.



Ryc. IV.3.1. Substratami dla oddychania komórkowego są polisacharydy, tłuszcze i białka. W czasie reakcji katabolicznych zostają one przekształcone w acetylo-CoA, który jest substratem tlenowego oddychania komórkowego.

Glikoliza

glikoliza

Glikoliza jest procesem wspólnym dla wszystkich komórek (prokariotycznych i eukariotycznych). W komórkach organizmów eukariotycznych zachodzi w cytoplazmie. W trakcie procesu, na który składa się dziesięć reakcji, glukoza zostaje przekształcona do dwóch cząsteczek **pirogonianu**, przy czym powstają dwie cząsteczki ATP. Łańcuch reakcji prowadzący od glukozy do pirogonianu w większości komórek przebiega tak samo, natomiast różne są dalsze losy pirogonianu. Jeśli zachodzą one pod nieobecność tlenu, to pirogonian ulega przekształceniu w kwas mlekowy lub etanol (w czasie fermentacji; patrz s. 120). W warunkach tlenowych kwas pirogonowy utlenia się do dwutlenku węgla i wody w procesie oddychania komórkowego.

pirogonian

Oddychanie komórkowe zachodzi w mitochondrium

Proces oddychania komórkowego obejmuje reakcję pomostową, cykl Krebsa oraz łańcuch transportu elektronów. Wszystkie te procesy zachodzą w **mitochondriach**. Mitochondrium otacza podwójna błona – **błona zewnętrzna** oraz silnie pofałdowana **błona wewnętrzna**. Wypustki błony wewnętrznej skierowane do środka mitochondrium nazywamy **grzebieniami mitochondrialnymi**. Taki układ błonowy

mitochondria



Ryc. IV.3.2. Model przestrzenny mitochondrium.

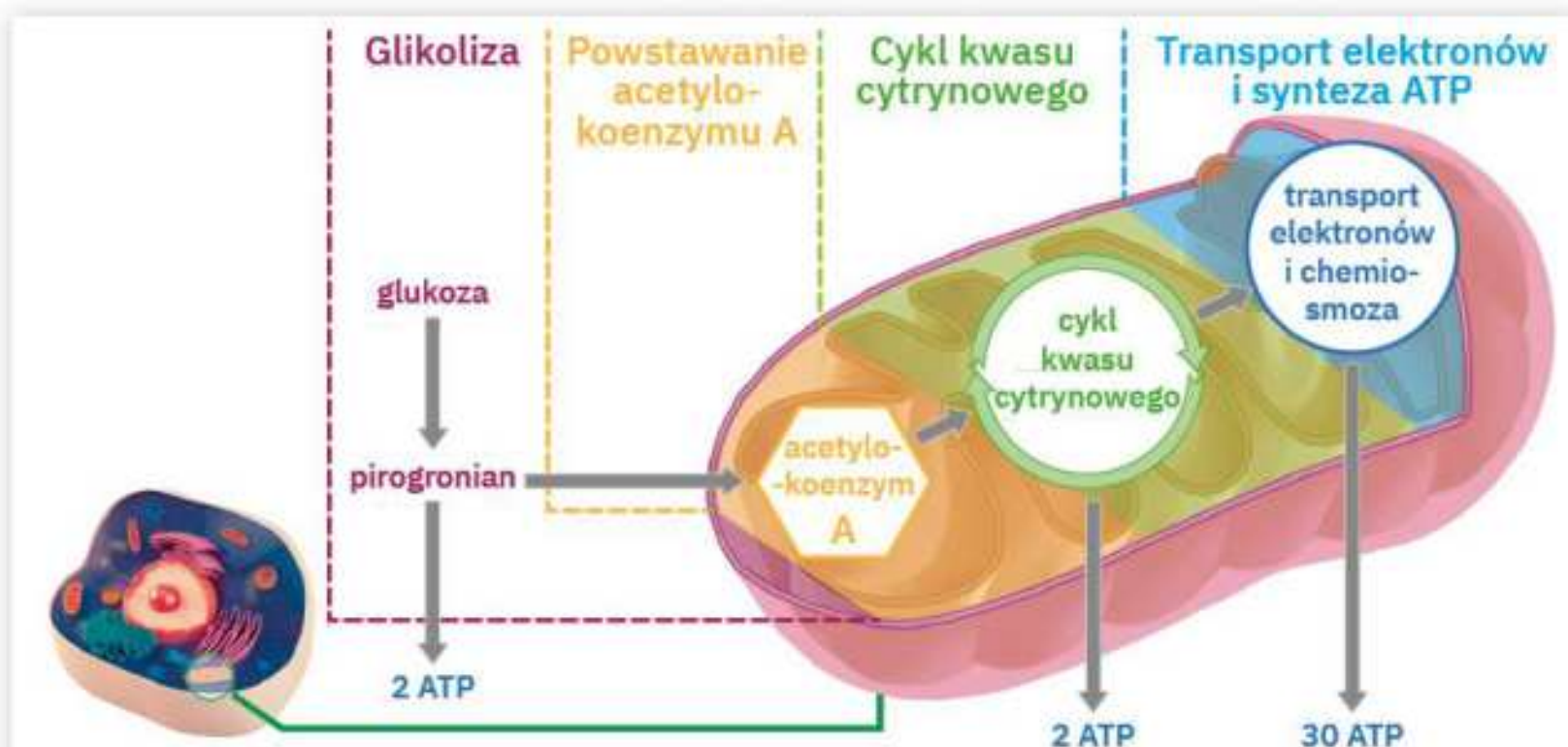
„dzieli” mitochondrium na dwa przedziały: **przestrzeń międzybłonową** utworzoną pomiędzy błoną zewnętrzną a wewnętrzną oraz **matriks** znajdującą się wewnątrz mitochondrium (ryc. IV.3.2.). W matriks mają miejsce reakcja pomostowa oraz cykl Krebsa. Reakcje łańcucha oddechowego są zlokalizowane w błonie wewnętrznej. Jej pofałdowania stwarzają więcej miejsca dla tych procesów, niż byłoby to w przypadku błony niepofałdowanej. Przyjmuje się, że błona wewnętrzna mitochondrium człowieka zajmuje ok. 14 000 m²!

Mitochondria mają swój własny, **kolisty DNA (mtDNA)**, w którym jest zapisana informacja o wielu białkach i RNA. Kodowanie dużej części białek funkcjonujących w mitochondriach odbywa się także w jądrze komórkowym. Komórka nie mogłaby istnieć bez mitochondriów (ze względu na przeprowadzaną przez nie syntezę ATP), a mitochondria nie funkcjonowałyby bez komórki. Choć DNA mitochondriów człowieka zawiera niespełna 40 genów, to mutacje mtDNA prowadzą do poważnych chorób. Pierwszą poznaną chorobą mitochondrialną była dziedziczna neuropatia wzrokowa Lebera, skutkująca utratą wzroku w średnim wieku.

Przebieg oddychania komórkowego

Pirogronian wytworzony w procesie glikolizy jest przenoszony przez specyficzny białkowy przekaźnik z cytoplazmy, w której powstaje, do mitochondriów, gdzie mają miejsce etapy oddychania tlenowego. Tam, w czasie **reakcji pomostowej**, zostaje on przekształcony w dwuwęglowy acetylo-CoA. Warto zaznaczyć, że większość substratów energetycznych (np. kwasy tłuszczowe) także jest przekształcana

reakcja pomostowa



Ryc. IV.3.3. Połączenie glikolizy z etapami oddychania komórkowego.



cykl Krebsa

synteza ATP

do acetylo-CoA (patrz s. 115) i w tej postaci włączana do cyklu Krebsa. **Cykl Krebsa** stanowi dalszy ciąg reakcji katabolicznych, w których dwuwęglowe cząsteczki acetylo-CoA utleniają się do dwutlenku węgla. Powstają również dwie cząsteczki ATP. Jednocześnie w cyklu Krebsa są generowane wysokoenergetyczne elektrony i transportowane na **przenośnik elektronów** – cząsteczkę nukleotydu zwaną w skrócie **NAD⁺**, w wyniku czego dochodzi do jego redukcji i powstania **NADH**. W ostatnim etapie oddychania komórkowego elektrony (głównie w postaci NADH) trafiają do **łańcucha transportu elektronów** i są przenoszone z jednej cząsteczki na drugą. Na końcu tej drogi elektrony łączą się z **cząsteczką tlenu** oraz z jonami wodorowymi (H⁺) i powstaje woda. Przepływ elektronów przez łańcuch oddechowy generuje siłę, która umożliwia **syntezę ATP**. Oddychanie komórkowe zatem pozwala na „zamianę” substratów organicznych na **wodę i dwutlenek węgla**. Dodatkowo, użytecznym biologicznie, ostatecznym zyskiem tych przemian jest energia w postaci **30 cząsteczek ATP**. W tabeli przedstawiono podsumowanie oddychania tlenowego z podziałem na jego etapy (uwzględniające glikolizę).

Tab. IV.3.1. Podsumowanie oddychania tlenowego z uwzględnieniem glikolizy

Glikoliza lub etap oddychania komórkowego i jego lokalizacja	Opis	Niektóre substraty	Końcowe produkty
Glikoliza (cytoplazma)	Glukoza ulega utlenieniu do pirogronianu; zachodzi w warunkach tlenowych i beztlenowych.	glukoza, ATP, NAD ⁺ , ADP, Pi	pirogronian, ATP, NADH
Reakcja pomostowa (matriks mitochondrialna)	Pirogronian ulega przemianom, uwalnia się CO ₂ .	pirogronian, NAD ⁺	acetylo-CoA, CO ₂ , NADH
Cykl Krebsa (matriks mitochondrialna)	Acetylo-CoA jest rozkładany do CO ₂ , atomy wodoru są przenoszone na NAD ⁺ , powstaje ATP.	acetylo-CoA, H ₂ O, NAD ⁺ , ADP, Pi	CO ₂ , NADH, ATP
Łańcuch oddechowy i synteza ATP (grzebień mitochondrialne)	Łańcuch szeregowego przenoszenia elektronów na tlen z wytworzeniem wody; energia uwolniona podczas transportu elektronów napędza syntezę ATP.	NADH, O ₂ , ADP, Pi	ATP, H ₂ O, NAD ⁺

Bilans energetyczny oddychania komórkowego

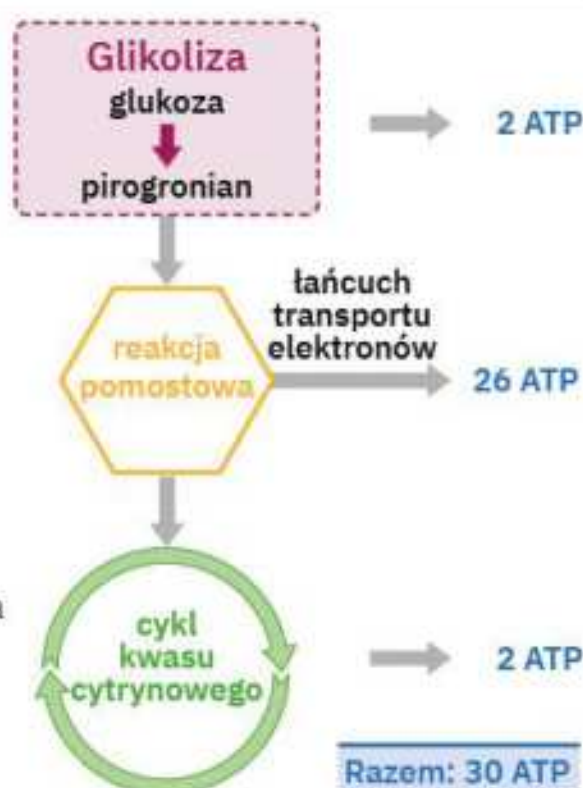
Zyskiem całkowitego utleniania glukozy do CO₂ w czasie oddychania tlenowego jest 30 cząsteczek ATP. Wyliczanie zysku energetycznego oddychania komórkowego uwzględnia glikolizę oraz etapy oddychania komórkowego przy założeniu, że reakcja pomostowa oraz cykl Krebsa zachodzą dwukrotnie. Bilans energetyczny oddychania komórkowego poprzedzonego glikolizą w warunkach tlenowych obejmuje:

- glikolizę, w czasie której powstają **dwie cząsteczki ATP**;
- cykl Krebsa, gdzie tworzą się **dwie cząsteczki ATP**;
- łańcuch oddechowy, dla którego zysk w postaci ATP to **26 cząsteczek ATP**.



zysk netto
oddychania
tlenowego

**Ryc. IV.3.4. Wy-
dajność ATP** cał-
kowitego utlenienia
glukozy w oddy-
chaniu tlenowym
z uwzględnieniem
glikolizy.



Zatem zysk energetyczny netto oddychania komórkowego wynosi **30 cząsteczek ATP** (ryc. IV.3.4.).

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij, jakie znaczenie dla funkcjonowania organizmu ma oddychanie komórkowe.
2. Wymień etapy oddychania tlenowego i określ ich lokalizację.
3. Przepisz do zeszytu i uzupełnij poniższy tekst.

W czasie glikolizy ... jest rozkładana do dwóch cząsteczek Cykl Krebsa stanowi ciąg reakcji katabolicznych, w których uwalnia się ... i powstają przenośniki elektronów w postaci W ostatnim etapie oddychania komórkowego elektrony trafiają do łańcucha transportu elektronów i są ostatecznie przenoszone na Przepływ elektronów przez łańcuch oddechowy generuje siłę, która umożliwia syntezę

4. Przedstaw bilans energetyczny oddychania komórkowego.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 114

Oddychanie komórkowe to zbiór reakcji katabolicznych, w czasie których uwalnia się energia w postaci ATP.

s. 114

Oddychanie może przebiegać w **warunkach tlenowych lub beztlenowych**.

s. 115

W czasie **oddychania tlenowego** składniki pokarmu rozłożone do prostych związków są utleniane do CO_2 i H_2O z wydzielaniem energii.

s. 115

Glikoliza prowadzi do przekształcenia glukozy w dwie cząsteczki pirogronianu oraz uwolnienia dwóch cząsteczek ATP.

s. 115

Pirogronian w warunkach beztlenowych jest przekształcany w kwas mlekowy lub etanol, a w warunkach tlenowych w CO_2 i wodę.

s. 115

W obecności tlenu pirogronian jest przekształcany w dwuwęglową cząsteczkę acetylo-CoA.

s. 117

Oddychanie tlenowe obejmuje reakcję pomostową, cykl Krebsa oraz łańcuch oddechowy.



Mitochondria są otoczone dwiema błonami: zewnętrzną oraz silnie pofałdowaną błoną wewnętrzną; wewnątrz wypełnia matriks.

s. 115

Reakcja pomostowa i cykl Krebsa zachodzą w matriks mitochondrialnej, a łańcuch oddechowy – w błonie wewnętrznej.

s. 116

Cykl Krebsa przebiega wyłącznie w warunkach tlenowych; po jednym obrocie cyklu uwalnia się dwutlenek węgla oraz powstają przenośniki elektronów w postaci NADH, które przechodzą do łańcucha oddechowego.

s. 117

Wraz z transportem elektronów w łańcuchu oddechowym powstaje siła napędzająca **syntezę ATP**.

s. 117

Ostateczny zysk **netto utleniania glukozy w czasie oddychania tlenowego** to 30 cząsteczek ATP (2 z glikolizy, 2 cyklu Krebsa oraz 26 z łańcucha oddechowego).

s. 118

4. Oddychanie beztlenowe i fermentacja

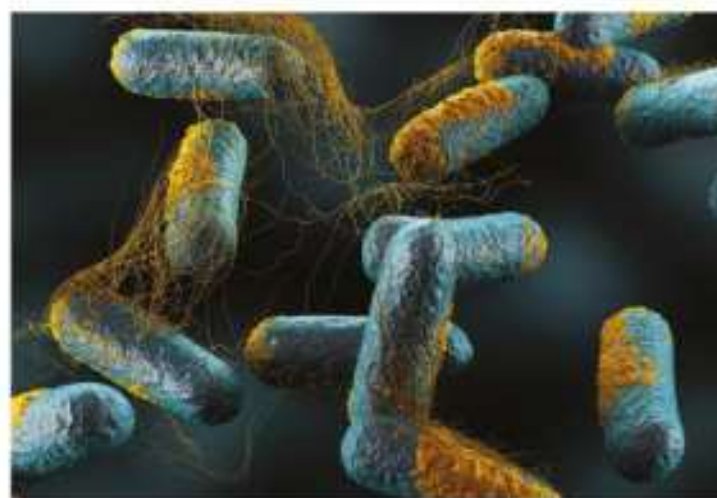
NA TEJ LEKCJI:

- poznasz podział organizmów ze względu na ich tolerancję tlenu;
- prześledzisz przebieg oddychania beztlenowego;
- przeanalizujesz przebieg fermentacji mlekowej;
- dowiesz się, jaki jest zysk energetyczny oddychania w warunkach beztlenowych.

Organizmy wykazują różną tolerancję na tlen i na tej podstawie możemy podzielić je na:

- **organizmy tlenowe**, które do życia wymagają dostępu wolnego tlenu. Należy tu większość organizmów eukariotycznych.
- **organizmy beztlenowe**, które żyją w warunkach o ograniczonym dostępie do tlenu lub zupełnym jego braku. Dla niektórych organizmów nawet minimalna ilość tlenu jest toksyczna i te organizmy nazywamy **bezwzględnymi beztlenowcami**. Należą tu m.in. bakterie chorobotwórcze, takie jak laseczka tężca (*Clostridium tetani*) czy laseczka jadu kielbasianego (*Clostridium botulinum*) (**ryc. IV.4.1.**). Organizmy, które w obecności tlenu oddychają tlenowo, a przy jego braku – beztlenowo, nazywamy **beztlenowcami względnymi** (anaerobami fakultatywnymi). Ich przykładem są drożdże.

organizmy tlenowe
i beztlenowe



Ryc. IV.4.1. Laseczki jadu kielbasianego (*Clostridium botulinum*) należą do bezwzględnych beztlenowców.



Beztlenowe oddychanie występuje także u organizmów eukariotycznych, w tym u człowieka. Ten proces „włącza” się przy niedoborze lub braku dostępu do tlenu. Do takiej sytuacji dochodzi w intensywnie pracujących komórkach włókien mięśni szkieletowych.

W oddychaniu tlenowym końcowym akceptorem elektronów jest tlen. W beztlenowych procesach uzyskiwania energii ostatecznym akceptorem elektronów mogą być **związki nieorganiczne** lub **organiczne**. Na tej podstawie wyróżniamy:

oddychanie beztlenowe

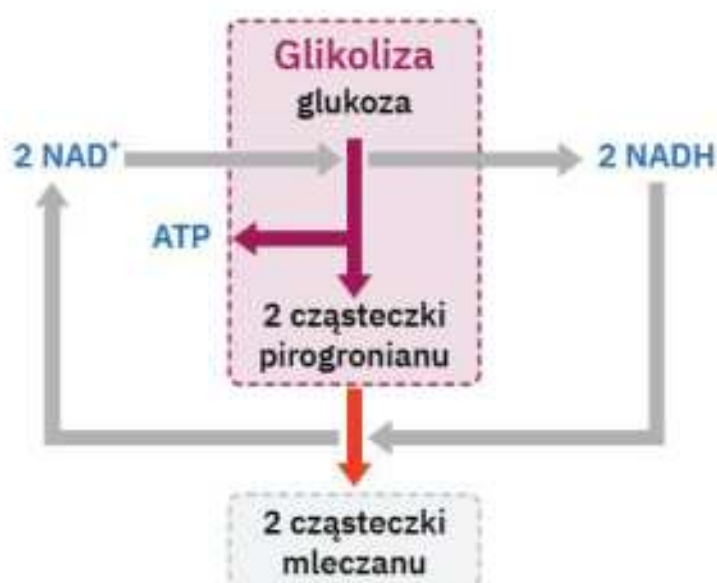
- **oddychanie beztlenowe**, w którym ostatecznym akceptorem elektronów jest **związek nieorganiczny**. Proces ten występuje u bakterii (np. żyjących w glebie zalanej wodą czy bytujących w przewodzie pokarmowym zwierząt). Przeprowadzają go także bakterie denitryfikacyjne uczestniczące w obiegu azotu w przyrodzie. U tych organizmów w czasie oddychania komórkowego elektrony przechodzą od glukozy do NAD^+ , a następnie są przekazywane poprzez system przenośników w łańcuchu transportu elektronów, który jest sprzężony z syntezą ATP. Ostatecznym akceptorem elektronów może być np. azotan (NO_3^-), siarczan (SO_4^{2-}) lub wolna siarka. **Końcowymi produktami** oddychania beztlenowego są: CO_2 , jeden lub więcej **zredukowanych związków nieorganicznych** oraz **ATP**.
- **fermentację**, w której ostatecznym akceptorem elektronów jest **związek organiczny** (np. pirogronian). Fermentację przeprowadzają bakterie (np. bakterie mlekowe), grzyby (np. drożdże) oraz pasożyty układu pokarmowego człowieka (np. glista ludzka czy tasience).

fermentacja mlekowa

Fermentacja mlekowa

Fermentacja mlekowa (ryc. IV.4.2.) przebiega w cytoplazmie i obejmuje dwa etapy:

- powstawanie **kwasu pirogronowego** (w czasie glikolizy);
- **redukcję** kwasu pirogronowego do **kwasu mlekowego**.



Ryc. IV.4.2. Przebieg fermentacji mlekowej.

Fermentację mlekową przeprowadzają niektóre grzyby oraz bakterie. Proces ten jest szeroko wykorzystywany przez ludzi, m.in. do produkcji jogurtów, kwaśnej śmietany czy do kiszenia (np. kapusty czy ogórków). Najbardziej znanymi gatunkami bakterii kwasu mlekowego są kultury *Lactobacillus acidophilus* (czytaj: laktobacilus acidofilus) oraz *Streptococcus thermophilus* (czytaj: streptokokus termofilus). Fermentacja mlekowa zachodzi także **w komórkach włókien mięśni szkieletowych** podczas intensywnego wysiłku, kiedy spada szybkość oddychania tlenowego. Proces fermentacji trwa tylko kilka minut i służy syntezie ATP. Po ponownym dostarczeniu tlenu mięśnie kontynuują oddychanie tlenowe.



Drugim ważnym rodzajem fermentacji jest **fermentacja alkoholowa**, którą przeprowadzają drożdże. Fermentacja alkoholowa od tysięcy lat jest wykorzystywana przez ludzi do produkcji piwa, wina i innych napojów alkoholowych. Fermentujące drożdże znalazły także zastosowanie w piekarnictwie. Znane są także inne fermentacje, przeprowadzane przez bakterie, np. zespół przemian określanych jako **fermentacja metanowa** jest szeroko stosowany w ochronie środowiska do uzyskiwania energoźnego **biogazu** (ryc. IV.4.3.).



Ryc. IV.4.3. Biogaz powstaje w biogazowniach w czasie czteroetapowego procesu zwanego fermentacją metanową. Biogazownie buduje się na obszarach rolniczych, przy oczyszczalniach ścieków lub przy składowiskach odpadów.

Zysk energetyczny procesów beztlenowych

Wydajność energetyczna procesów beztlenowych jest znacznie mniejsza niż procesów tlenowych (tab. IV.4.1.). Całkowity zysk energetyczny fermentacji to tylko **dwie cząsteczki ATP** wytworzone w czasie glikolizy. W przypadku oddychania beztlenowego zysk energetyczny jest większy niż przy fermentacji, ale mniejszy niż w czasie oddychania tlenowego. Ilość powstałego ATP w oddychaniu beztlenowym zależy od gatunku bakterii przeprowadzającej ten proces.

zysk fermentacji

Tab. IV.4.1. Porównanie oddychania tlenowego, oddychania beztlenowego oraz fermentacji

Cecha	Oddychanie tlenowe	Oddychanie beztlenowe	Fermentacja mlekowa
Podstawowy substrat organiczny	glukoza	glukoza	glukoza
Końcowy akceptor elektronów	tlen	związki nieorganiczne (NO_3^- , SO_4^{2-})	pirogrońian
Końcowe produkty	CO_2 , H_2O , ATP	CO_2 , zredukowany związek nieorganiczny, ATP	mleczan, ATP
Lokalizacja w komórce	cytoplazma, mitochondria	cytoplazma	cytoplazma
Wydajność energetyczna	30 cząsteczek ATP	mniejsza niż w oddychaniu tlenowym, większa niż w fermentacji	2 cząsteczki ATP
Przykłady organizmów/komórek, w których zachodzi	większość organizmów eukariotycznych	bakterie denitryfikacyjne, bakterie żyjące na dnie zbiorników wodnych oraz bytujące w jelitach zwierząt	bakterie mlekowe (np. <i>Lactobacillus</i>), komórki włókien mięśni szkieletowych przy niedotlenieniu



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Omów przebieg fermentacji mlekowej oraz jej zastosowanie.
2. Porównaj przebieg oddychania komórkowego w komórkach włókna mięśnia szkieletowego w obecności tlenu i przy jego braku.
3. Przedstaw zysk netto oddychania w warunkach beztlenowych i porównaj go z bilansem energetycznym oddychania tlenowego.
4. W dostępnych źródłach znajdź informację na temat przebiegu i zastosowania fermentacji metanowej i propionowej oraz ich zastosowania.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 119 Ze względu na tolerancję tlenu organizmy dzielimy na **tlenowe (aerobowe)** oraz **beztlenowe (anaerobowe)**.
- s. 120 Energia w warunkach oddechowych może być uzyskiwana w czasie **oddychania beztlenowego** (np. u bakterii denitryfikacyjnych) i fermentacji (m.in. u bakterii, drożdży, w komórkach mięśni szkieletowych człowieka).
- s. 120 W **oddychaniu beztlenowym** wytwarza się ATP, a końcowym akceptorem elektronów jest związek nieorganiczny (np. azotan lub siarczan).
- s. 120 **Fermentacja mlekowa** obejmuje powstawanie oraz redukcję pirogronianu do kwasu mlekowego oraz redukcję pirogronianu do kwasu mlekowego.
- s. 121 Całkowity **zysk fermentacji** to 2 cząsteczki ATP wytworzone w czasie glikolizy.

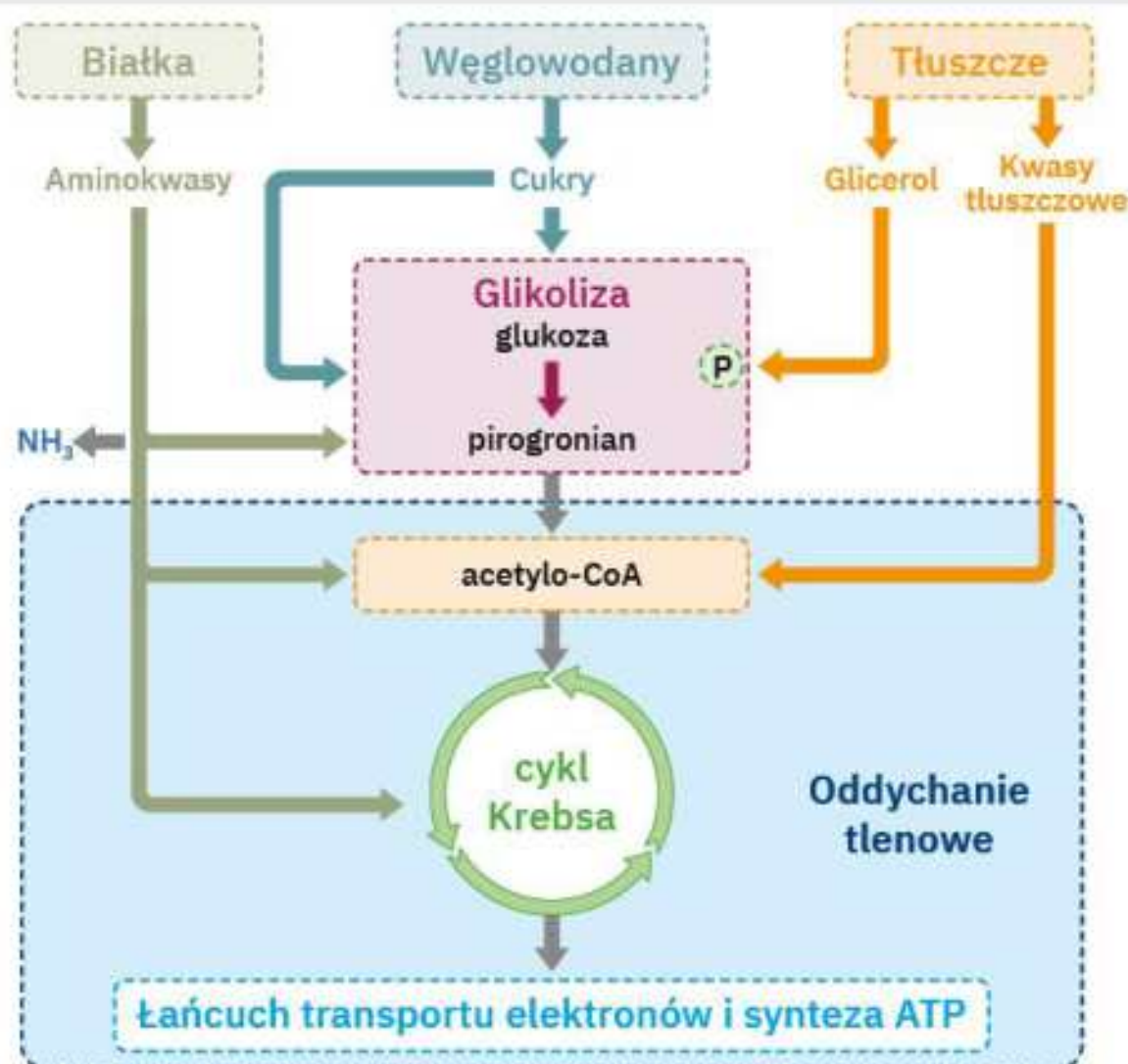
5. Inne procesy metaboliczne

NA TEJ LEKCJI:

- zrozumiesz, na czym polega metabolizm glikogenu;
- przeanalizujesz przebieg i znaczenie glukoneogenezy;
- poznasz procesy rozkładu kwasów tłuszczowych.

W opisanych dotychczas procesach oddychania komórkowego jako wyjściowy substrat uwzględniano glukozę. Na zapasy energetyczne narządów i tkanek człowieka składają się oprócz glukozy, także inne substancje organiczne (**tab. IV.5.1.**). Glukoza powstaje na drodze przemian z innych, węglowodanowych i niewęglowodanowych produktów. **Pokarmy dostarczane wraz z dietą** zawierają głównie skrobię, tłuszcze i białka. Wszystkie te związki są wykorzystywane do syntezy ATP w procesie oddychania komórkowego (**ryc. IV.5.1.**).

wykorzystanie
składników
do syntezy ATP



Ryc. IV.5.1. Częsteczki białek, węglowodanów i tłuszczów dostarczane wraz z pokarmem stanowią paliwo dla oddychania komórkowego.

W trakcie trawienia skrobi powstaje glukoza. Z kolei białka najpierw są trawione do aminokwasów. Część aminokwasów jest wykorzystywana z powrotem do budowy białek, natomiast pozostałe po dalszych przekształceniach zostają włączone do glikolizy lub cyklu Krebsa. Tłuszcze ulegają rozkładowi do glicerolu i kwasów tłuszczowych. Glicerol po przemianach zostaje włączony do glikolizy. Produkty pochodzące z katabolizmu kwasów tłuszczowych zasilają łańcuch oddechowy, a w efekcie syntezę ATP (ryc. IV.5.1.).

Tab. IV.5.1. Zapasy energetyczne dorosłego człowieka ważącego 70 kg

Narząd/Tkanka	Dostępna energia w kJ (kcal)		
	Glukoza lub glikogen	Triacyloglicerole (tłuszcze proste)	Białka
krw	250 (60)	20 (4,5)	0 (0)
wątroba	1700 (400)	2000 (450)	1700 (400)
mózg	30 (8)	0 (0)	0 (0)
mięśnie	5000 (1200)	2000 (450)	100 000 (24 000)
tkanka tłuszczowa	330 (80)	560 000 (135 000)	170 (40)

Źródło: J.D. Tymoczko, J. Berg, L. Stryer, *Biochemia. Krótki kurs*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.



Metabolizm glikogenu

glikogenoliza

Glikogen jest główną formą magazynowania glukozy u zwierząt. Występuje głównie w wątrobie i w mięśniach. Glikogen mięśniowy zapewnia „paliwo” w samym mięśniu, natomiast wątrobowy jest magazynem i źródłem glukozy transportowanej do krwi i dalej do wszystkich komórek, zwłaszcza w okresach między posiłkami. Zapas glikogenu wątrobowego wystarcza na około 18 h głodzenia, podczas gdy ubytek glikogenu mięśniowego obserwuje się głównie po długotrwałym wysiłku. Rozkład glikogenu do glukozy nazywamy **glikogenolizą**. Nieprawidłowy metabolizm glikogenu w dziedzicznych **chorobach spichrzania glikogenu** (np. choroba von Gierkego, choroba Pompego) prowadzi do osłabienia mięśni, a nawet do zgonu.



glukoneogeneza

Glukoneogeneza

Związki inne niż węglowodany, które dostarczamy wraz z pożywieniem, również stanowią paliwo energetyczne. Jednak aby mogły być utlenione w procesie oddychania komórkowego, muszą zostać przekształcone w glukozę lub glikogen w procesie **glukoneogenezy**. Głównymi substratami dla glukoneogenezy są **mleczan**, **niektóre aminokwasy** oraz **glicerol** (pochodzący z katabolizmu lipidów). Glukoneogeneza przebiega głównie w wątrobie i w nerkach. Niektóre z tych substratów (np. mleczan) są najpierw przekształcane w pirogronian, a inne – włączane do szlaku glukoneogenezy na późniejszych etapach. Należy zaznaczyć, że glukoneogeneza nie jest odwróceniem glikolizy.

Glukoneogeneza uzupełnia zapotrzebowanie na glukozę, zwłaszcza kiedy z dietą dostarczamy zbyt mało węglowodanów. Stała podaż węglowodanów jest niezbędna, ponieważ stanowią one podstawowe źródło energii. Dostępność glukozy (lub glikogenu) jest krytyczna w:

- **układzie nerwowym i w erytrocytach** – zbyt mała ilość glukozy może skutkować zaburzeniami pracy mózgu (m.in. powodować śpiączkę, a nawet zgon);
- **mięśniu szkieletowym** – glukoza jest jedynym źródłem energii w warunkach beztlenowych;
- **gruczole sutkowym** – glukoza jest koniecznym substratem do syntezy laktozy, która odżywia płód;
- **tkance tłuszczowej** – glukoza stanowi źródło glicerolu, składnika tłuszczów właściwych.

β -oksydacja kwasów tłuszczowych

tłuszcze jako źródło energii

Tłuszcze są wysokokalorycznym paliwem biologicznym. Rozkład 1 g tłuszczu dostarcza ponad dwa razy więcej energii niż utlenienie 1 g glukozy (odpowiednio 9 kcal i 4 kcal). Powstające w czasie rozkładu tłuszczów kwasy tłuszczowe są doskonałym źródłem energii dla **mięśnia sercowego** oraz **mięśni szkieletowych** (w czasie spoczynku).



Tłuszcze właściwe (triacyloglicerole) są rozkładane do glicerolu i kwasów tłuszczowych. Glicerol po przekształceniu jest włączany do glikolizy, natomiast kwasy tłuszczowe są utleniane w procesie zwanym **β -oksydacją** (beta-oksydacją), która zachodzi w matriks mitochondrialnej. β -oksydacja polega na stopniowym odłączaniu od kwasów tłuszczowych fragmentów dwuwęglowych i włączaniu ich do cyklu Krebsa. W wyniku β -oksydacji powstają także duże ilości przenośników elektronów (głównie NADH), które zostają utleniane w łańcuchu oddechowym. Według obliczeń z rozkładu 16-węglowego kwasu tłuszczowego powstaje aż **106 cząsteczek ATP**, czyli ponad **trzy razy więcej** niż z utlenienia jednej cząsteczki glukozy (30 ATP).

β -oksydacja

**efekt rozkładu
kwasu tłuszczowego**

Nieprawidłowości w procesie rozkładu kwasów tłuszczowych mogą prowadzić do poważnych konsekwencji. Wzmoczone utlenianie kwasów tłuszczowych jest obserwowane w czasie głodówki oraz w przebiegu **cukrzycy**. Prowadzi ono do powstania tzw. **ciał ketonowych** w wątrobie. Długotrwała synteza tych związków, np. u osób z nieleczoną cukrzycą, może prowadzić do **kwasicy ketonowej**, w której dochodzi do zaburzeń łaknienia, utraty świadomości, osłabienia, odwodnienia oraz bóli w klatce piersiowej. Charakterystycznym objawem jest także wyczuwalny w oddechu zapach acetonu.

ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Podaj przykłady sytuacji, w których rozkład glikogenu ma kluczowe znaczenie. Scharakteryzuj ten proces.
2. Wyjaśnij pojęcie *glukoneogeneza* i podaj przykłady narządów, dla których ten proces ma największe znaczenie.
3. Porównaj wydajność syntezy ATP z utlenienia jednej cząsteczki kwasu tłuszczowego i jednej cząsteczki glukozy.



PODSUMOWANIE LEKCJI

Do syntezy ATP są wykorzystywane **wszystkie składniki dostarczane wraz z pokarmem**: polisacharydy, białka i tłuszcze.

s. 122

W trakcie **glikogenolizy** dochodzi do rozkładu glikogenu, który jest formą zapasową glukozy u zwierząt.

s. 124

W czasie **glukoneogenezy** ze związków innych niż węglowodany (np. aminokwasów, mleczanu, glicerolu) powstaje glukoza.

s. 124

Najlepszym źródłem energii są **tłuszcze** (zwłaszcza dla mięśnia sercowego oraz mięśni szkieletowych).

s. 124

Kwasy tłuszczowe są rozkładane w procesie **β -oksydacji** poprzez stopniowe odłączanie fragmentów dwuwęglowych i włączanie ich do cyklu Krebsa.

s. 125

Z rozkładu jednej cząsteczki kwasu tłuszczowego powstaje ponad **trzy razy więcej ATP** niż z utlenienia jednej cząsteczki glukozy.

s. 125



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Podstawowe zasady metabolizmu

- s. 102 • Zbiór wszystkich reakcji chemicznych i przemian energii zachodzących w komórkach **to metabolizm**.
- s. 102 • Anabolizm to endoergiczne reakcje syntezy, a **katabolizm** to egzoergiczne reakcje rozkładu.
- s. 103 • Reakcje składające się na metabolizm mogą mieć formę wieloetapowych **szlaków** lub **cykli metabolicznych**.
- s. 104 • Uniwersalnym środkiem wymiany energii w komórce jest **ATP**.
- s. 104 • Energia w ATP jest zawarta w dwóch **wysokoenergetycznych wiązaniach** między resztami fosforanowymi.

2. Enzymy – biologiczne katalizatory

- s. 106 • Enzymy przyspieszają reakcję chemiczną, lecz nie ulegają zużyciu – są **biokatalizatorami**.
- s. 107 • Enzymy poprzez **obniżenie energii aktywacji** przyspieszają reakcję chemiczną.
- s. 108 • **Kompleks enzym – substrat** (kompleks E-S) tworzy się, gdy substrat przyłącza się do enzymu w centrum aktywnym.
- s. 108 • Niektóre enzymy wymagają **kofaktorów** (jonów metali, koenzymów) do swojej aktywności.
- s. 108 • Enzymy wykazują wysoką **specyficzność względem substratu** oraz katalizowanej reakcji.
- s. 109 • Na **aktywność enzymów** wpływa temperatura, pH, inhibitory, aktywatory oraz stężenie substratu.
- s. 110 • **Inhibitory** dzielimy na odwracalne (kompetycyjne i niekompetycyjne) oraz nieodwracalne.
- s. 110 • **Inhibitor kompetycyjny** kształtem przypomina substrat i przyłącza się zamiast niego do centrum aktywnego enzymu.
- s. 110 • **Inhibitor niekompetycyjny** ma inny kształt niż substrat i przyłącza się w innym niż centrum aktywne miejscu na enzymie.
- s. 112 • Enzymy **wykorzystuje się w diagnostyce lekarskiej**, w farmacji oraz w wielu gałęziach przemysłu.

3. Oddychanie komórkowe

- s. 114 • **Oddychanie komórkowe** to zbiór reakcji katabolicznych, w czasie których uwalnia się energia w postaci ATP. Mogą one przebiegać w warunkach tlenowych lub beztlenowych.
- s. 115 • W czasie **oddychania tlenowego** rozłożone do prostych związków składniki pokarmu są utleniane do CO_2 i H_2O z wydzieleniem energii.
- s. 116 • **Glikoliza** prowadzi do rozłożenia glukozy na dwie cząsteczki pirogronianu; powstają także dwie cząsteczki ATP. Reakcja ta ma miejsce w cytozolu.
- s. 117 • Oddychanie tlenowe składa się z **trzech etapów**: reakcja pomostowa, cykl Krebsa oraz łańcuch oddechowy.
- s. 116 • W matriks mitochondrialnej zachodzą **reakcja pomostowa** i cykl Krebsa.
- s. 116 • **Cykl Krebsa** przebiega wyłącznie w warunkach tlenowych; po jednym obrocie cyklu uwalnia się dwutlenek węgla oraz powstają przenośniki elektronów w postaci NADH, które przechodzą do łańcucha oddechowego.
- s. 117 • Wraz z transportem elektronów powstaje siła napędzająca **syntezę ATP**.
- s. 118 • Ostateczny **zysk netto oddychania tlenowego to 30 cząsteczek ATP** (2 z glikolizy, 2 cyklu Krebsa oraz 26 z łańcucha oddechowego).

4. Oddychanie beztlenowe i fermentacja

- s. 119 • Ze względu na tolerancję tlenu organizmy dzielimy na **tlenowe (aerobowe)** oraz **beztlenowe (anaerobowe)**.
- s. 120 • Energia w warunkach oddechowych może być uzyskiwana w czasie **oddychania beztlenowego** (np. u bakterii denitryfikacyjnych) i fermentacji (m.in. u bakterii, drożdży, w komórkach mięśni szkieletowych człowieka).
- s. 120 • W **oddychaniu beztlenowym** wytwarza się ATP, a końcowym akceptorem elektronów jest związek nieorganiczny (np. azotan lub siarczan).
- s. 120 • **Fermentacja mlekowa** obejmuje glikolizę oraz redukcję pirogronianu do kwasu mlekowego.
- s. 121 • Całkowity **zysk fermentacji** to 2 cząsteczki ATP wytworzone w czasie glikolizy.

5. Inne procesy metaboliczne

- s. 122 • Do syntezy ATP są wykorzystywane **wszystkie składniki dostarczane wraz z pokarmem**: polisacharydy, białka i tłuszcze.
- s. 124 • W trakcie **glikogenolizy** dochodzi do rozkładu glikogenu, który jest formą zapasową glukozy u zwierząt.
- s. 124 • W czasie **glukoneogenezy** ze związków innych niż węglowodany (np. aminokwasów, mleczanu, glicerolu) powstaje glukoza.
- s. 124 • Tłuszcze są najlepszym źródłem energii (zwłaszcza dla mięśnia sercowego oraz mięśni szkieletowych).
- s. 125 • Kwasy tłuszczowe są rozkładane w procesie **β -oksydacji** poprzez stopniowe odłączanie fragmentów dwuwęglowych i włączaniu ich do cyklu Krebsa.
- s. 125 • Z rozkładu jednej cząsteczki kwasu tłuszczowego powstaje ponad **trzy razy więcej ATP** niż z utlenienia jednej cząsteczki glukozy.



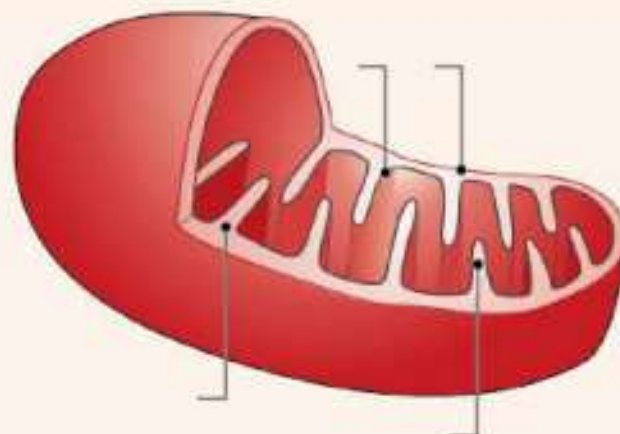
SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

1. Oceń prawdziwość zdań dotyczących cytoszkieletu komórki. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.

Zdanie	P/F
1. Reakcje anaboliczne prowadzą do rozpadu złożonych związków na proste.	...
2. W cyklu Krebsa zachodzą zarówno reakcje anaboliczne, jak i kataboliczne.	...
3. Przykładem katabolizmu jest oddychanie komórkowe i β -oksydacja kwasów tłuszczowych.	...
4. W czasie reakcji anabolicznych uwalniana jest energia, która jest wykorzystywana w reakcjach katabolicznych.	...

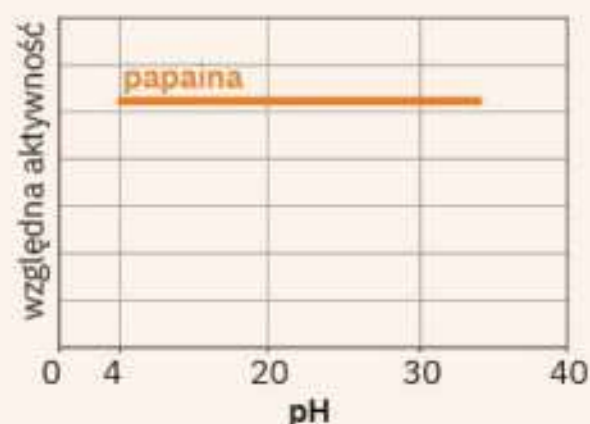
2. Na rycinie przedstawiono budowę mitochondrium.

- Przerysuj rysunek do zeszytu. Zaznacz na nim w odpowiednich miejscach groty strzałek, kierunek przenikania wody, O_2 , CO_2 i glukozy.
- Podaj nazwę procesu przebiegającego w mitochondrium, w którym są wykorzystane zaznaczone substraty i produkty.



3. Na wykresie przedstawiono zależność aktywności enzymu papainy od pH środowiska.

- Zaproponuj doświadczenie, którego wynik można by przedstawić w ten sposób.
- Sformułuj wniosek wynikający z wykresu.



4. Na schemacie przedstawiono przemiany pirogronianu.



- Podaj odpowiednie nazwy, które oznaczono literami X i Y.
- Nazwij proces, w którego wyniku powstaje pirogronian.



5. Rozkład tłuszczów właściwych (triacylogliceroli) prowadzi do powstania glicerolu oraz reszt kwasów tłuszczowych. W wyniku β -oksydacji kwasy tłuszczowe są rozkładane do dwuwęglowych fragmentów.

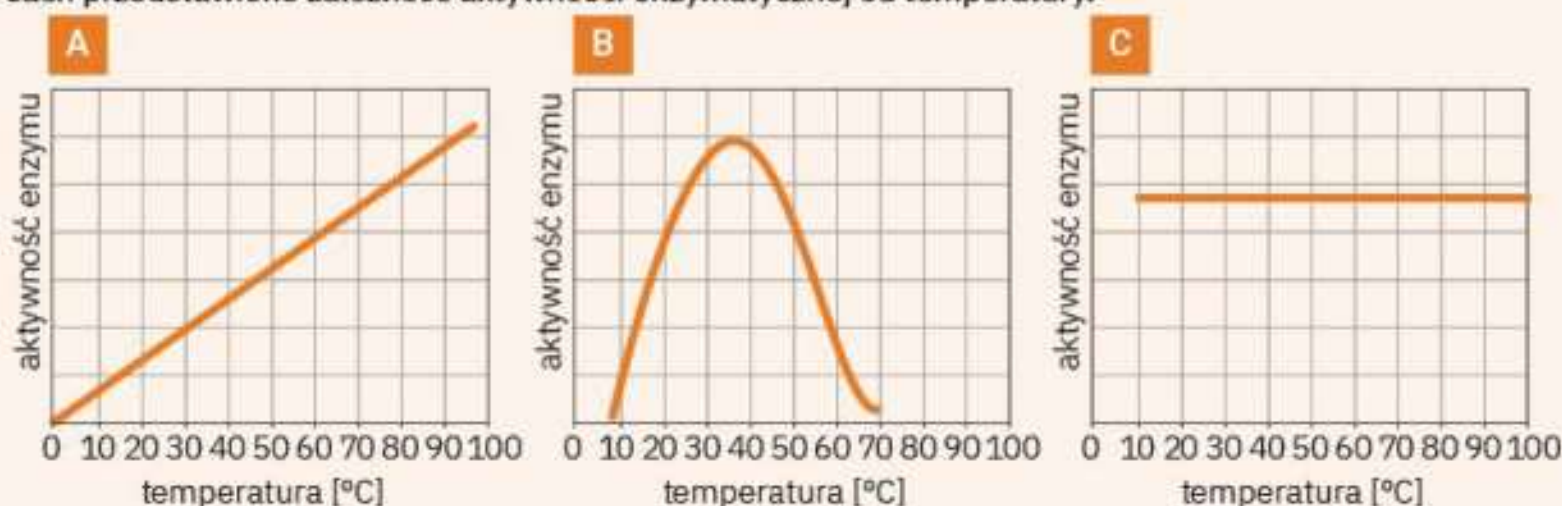
a) Podaj nazwę końcowego produktu powstającego w czasie β -oksydacji.

b) Wyjaśnij, jaki jest związek pomiędzy rozkładem triacylogliceroli a oddychaniem komórkowym.

6. Poniżej wymieniono procesy biochemiczne zachodzące w komórkach organizmów. Wskaż nazwy procesów zachodzących w komórkach organizmu człowieka.

fermentacja mlekowa, oddychanie tlenowe, β -oksydacja kwasów tłuszczowych, glukoneogeneza

7. Jednym z czynników warunkujących aktywność enzymatyczną jest temperatura. Na poniższych wykresach przedstawiono zależność aktywności enzymatycznej od temperatury.



a) Wskaż, który wykres (A–C) przedstawia zależność aktywności enzymatycznej od temperatury w komórkach większości organizmów, w tym organizmu człowieka.

b) Wyjaśnij, dlaczego wysoka gorączka jest stanem zagrażającym życiu.

8. Jednym ze sposobów leczenia na poziomie molekularnym jest zastosowanie inhibitorów enzymów. Przeczytaj poniższy tekst i wykonaj polecenie.

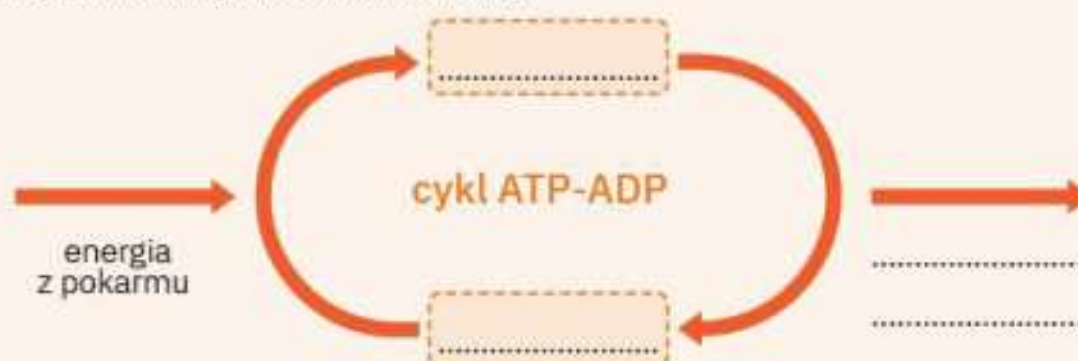
Proteaza HIV-1 to enzym wirusa HIV. W leczeniu zakażenia HIV-1 jest stosowanych kilka inhibitorów tego enzymu. Są to niskocząsteczkowe związki, których budowa została opracowana na podstawie podobieństwa strukturalnego do naturalnych substratów dla tego enzymu. Według badań prowadzonych na komórkach u osób przewlekle zakażonych HIV stężeniem wymaganym do zahamowania 50% replikacji wirusa było stężenie od 20 do 500 nM tej substancji.

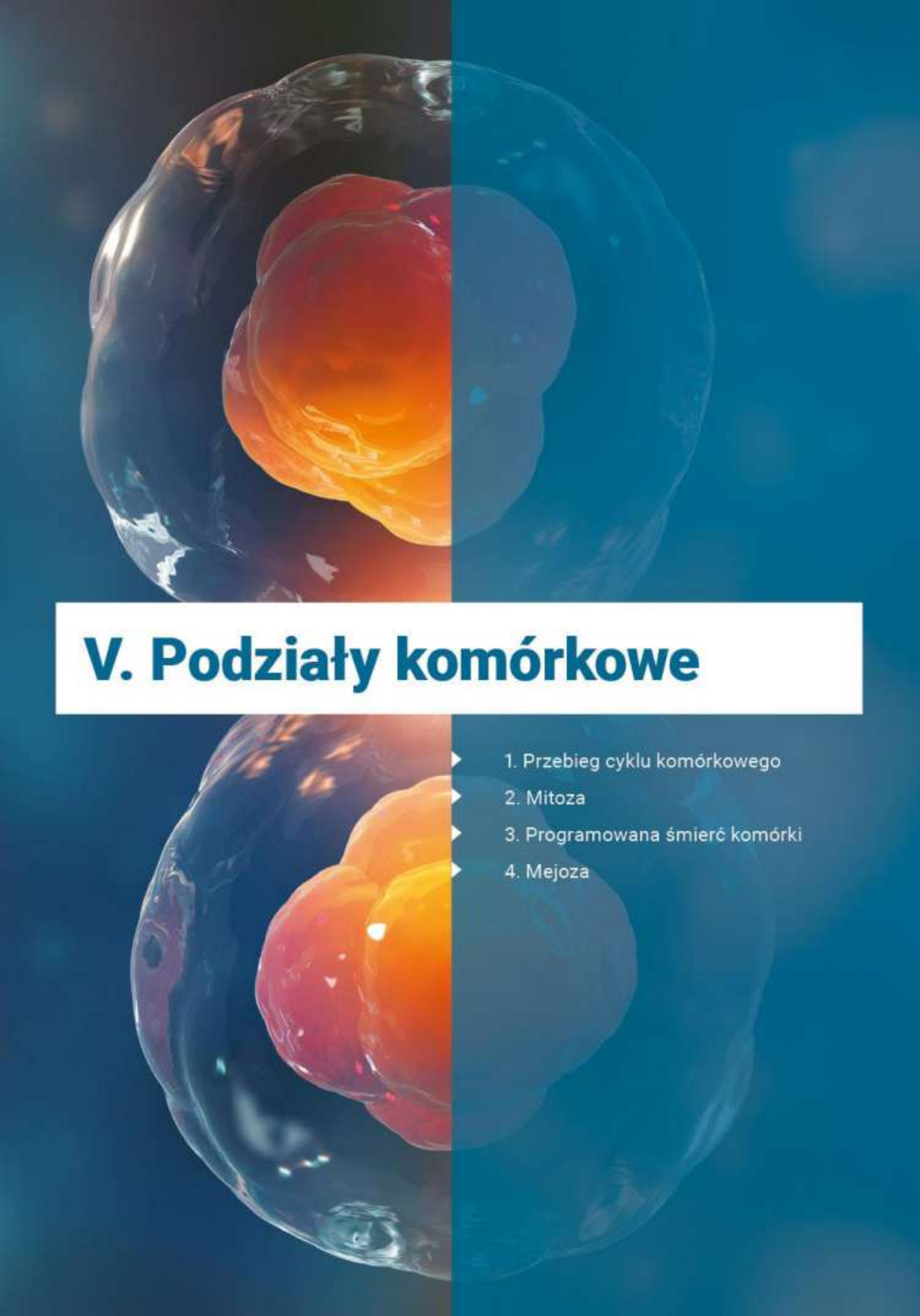
Na podstawie: „Postęp Biochemii” 63(4) 2017, s. 261–269.

Nazwij i wyjaśnij, na czym polega opisany w tekście rodzaj inhibicji wykorzystanej w hamowaniu aktywności enzymu wirusa HIV.

9. Przerysuj do zeszytu i uzupełnij poniższy diagram, wykorzystując pojęcia:

ATP, ADP, Pi, zużywanie energii, uwalnianie energii





V. Podziały komórkowe

- ▶ 1. Przebieg cyklu komórkowego
- ▶ 2. Mitoza
- ▶ 3. Programowana śmierć komórki
- ▶ 4. Mejoza



1. Przebieg cyklu komórkowego

NA TEJ LEKCJI:

- przeanalizujesz cykl komórkowy;
- poznasz fazy cyklu komórkowego: interfazę i podział komórki.

rodzaje podziałów
komórkowych

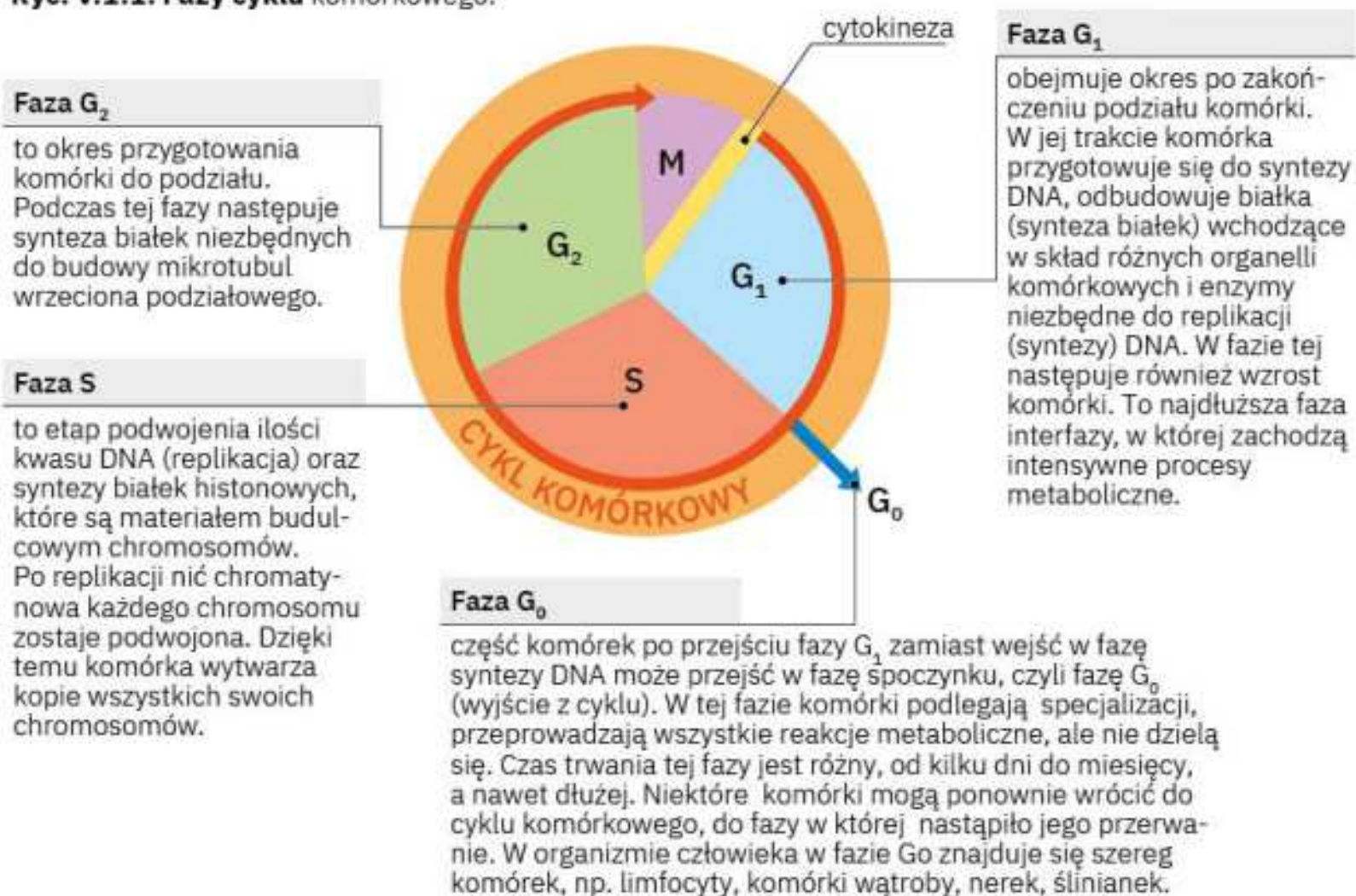
cykl komórkowy

interfaza

Każda komórka powstaje w wyniku podziału istniejącej już komórki macierzystej. Podział komórki obejmuje podział jądra komórkowego – **kariokinezę** oraz podział cytoplazmy – **cytokinezę**. W zależności od sposobu podziału jądra komórkowego i jego skutków dla nowo powstałych komórek potomnych, wyróżniamy dwa podstawowe **rodzaje podziałów**: mitozę i mejozę. Podziały te zachodzą w komórkach eukariotycznych. Komórki prokariotyczne dzielą się w wyniku podziału bezpośredniego (bez wyodrębniania chromosomów i syntezy kwasu DNA).

Okres od początku jednego podziału komórki do początku następnego podziału nazywamy **cyklem komórkowym** (ryc. V.1.1.). W cyklu komórkowym wyróżniamy dwa podstawowe etapy: podział komórki i procesy wzrostu i różnicowania się komórki. Okres między dwoma kolejnymi podziałami nazywamy **interfazą**. Interfaza jest najdłuższą fazą cyklu komórkowego (70–90% długości całego cyklu). Kończy się z chwilą śmierci komórki lub w momencie rozpoczęcia następnego podziału. Podczas tej fazy komórka rośnie, syntetyzuje potrzebne do podziału substancje, w tym podwaja chromosomy. Interfaza składa się z trzech następujących po sobie faz: G_1 , S i G_2 .

Ryc. V.1.1. Fazy cyklu komórkowego.



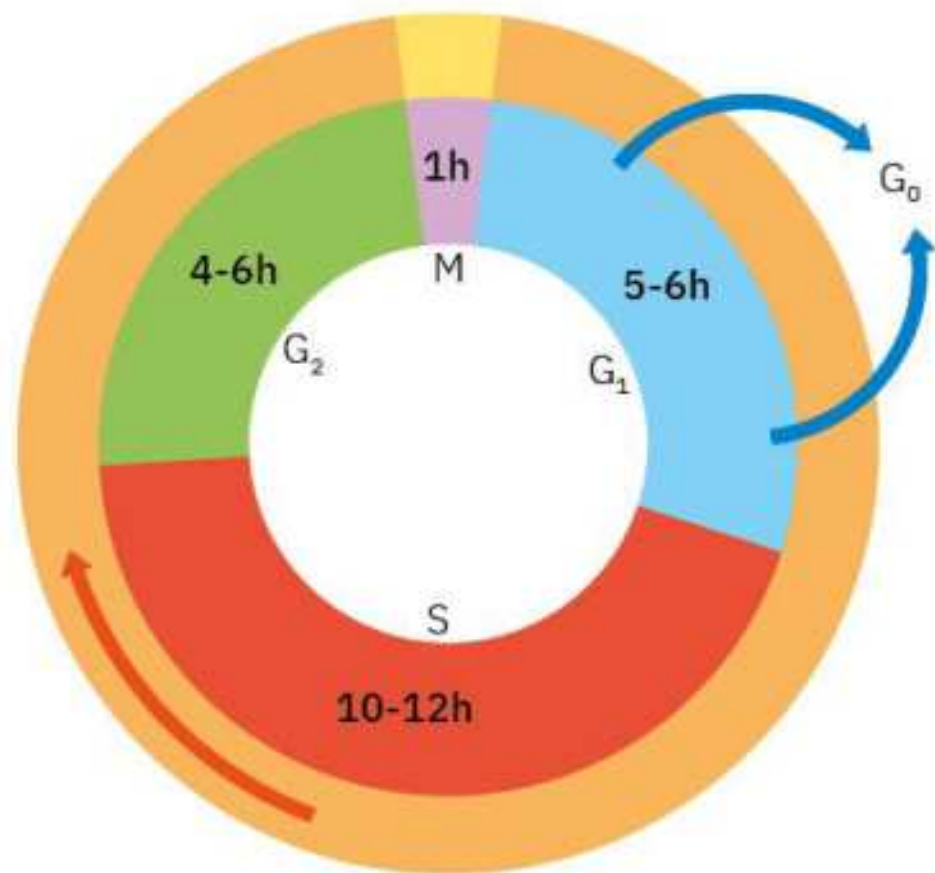


Po zakończeniu interfazy komórka przechodzi do **fazy M** – mitozy, na którą składa się kariokineza – podział jądra i cytokineza – podział cytoplazmy.

faza M

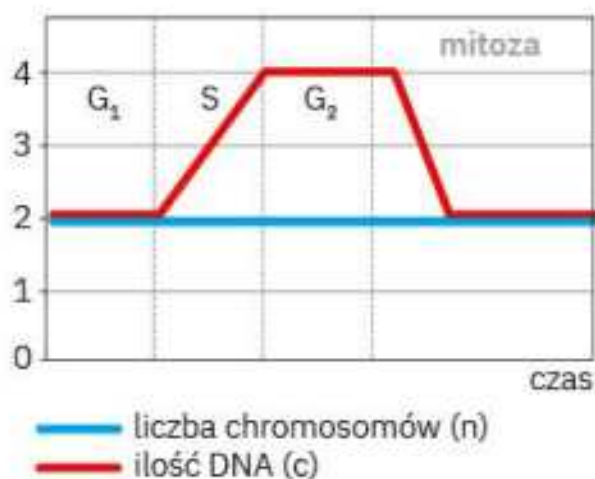
Czas trwania cyklu komórkowego zależy od rodzaju komórki i funkcji, jaką pełni w organizmie. Długość cyklu komórkowego dla większości komórek roślinnych i zwierzęcych wynosi od 8 do 24 godzin, natomiast u bakterii trwa około 30 minut. W komórkach tkanek embrionalnych, które stale się dzielą, jest bardzo krótki – nawet do kilku minut, a cykl komórek wątroby zamyka się w ciągu roku. Po podziale komórka może przejść w fazę różnicowania się w określony rodzaj tkanki, może zastępować stare komórki nowymi, może dalej się dzielić lub przejść w fazę G_0 , czyli fazę spoczynku.

Cykl komórkowy komórki ludzkiej może się zamknąć w około 24 godzinach (**ryc. V.1.2.**).



Ryc. V.1.2. Czas trwania cyklu komórkowego komórki ludzkiej.

W komórce diploidalnej przed rozpoczęciem podziału komórkowego ilość kwasu DNA jest określana jako $2c$. Podczas podziału komórkowego (**ryc. V.1.3.**) w fazie S interfazy kwas DNA ulega syntezie, jego ilość zwiększa się do $4c$, a następnie rozdziela się do dwóch komórek potomnych. Efektem tych zmian jest taka sama ilość kwasu DNA w każdej z komórek potomnych, co w komórce macierzystej przed jej podziałem.



W **fazie G_1** ilość DNA w komórce diploidalnej ($2n$ liczba chromosomów) wynosi $2c$.

Podczas **fazy S** następuje podwojenie (replikacja) DNA i w efekcie jego ilość wzrasta z $2c$ do $4c$, a nie zmienia się liczba chromosomów.

Taka ilość DNA utrzymuje się przez całą **fazę G_2** .

Podczas **fazy M** (mitozy) następuje podział komórki i każda z dwóch komórek potomnych otrzymuje połowę podwojonej ilości DNA podczas fazy S.

Po podziale komórki potomne mają taką samą ilość DNA, jak komórka macierzysta ($2c$).

Ryc. V.1.3. Zmiany ilości materiału genetycznego w dzielącej się mitotycznie komórce diploidalnej.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Uzasadnij, że interfaza jest niezbędnym etapem cyklu komórkowego.
2. Porównaj w tabeli narysowanej w zeszycie etapy interfazy z uwzględnieniem liczby chromosomów w każdym etapie.
3. Wskaż, w jakich warunkach i na jak długo komórka może wejść w fazę G_0 .
4. Wykaż, że rozmnażanie płciowe i bezpłciowe się różnią.

PODSUMOWANIE LEKCJI

- s. 130 Wyróżniamy dwa podstawowe **rodzaje podziałów w komórkach** eukariotycznych: mitozę i mejozę – komórki prokariotyczne dzielą się w wyniku podziału bezpośredniego.
- s. 130 **Cykl komórkowy obejmuje dwie fazy:** fazę wzrostu komórki – interfazę i procesy podziału komórki – fazę M.
- s. 130 **Interfaza** obejmuje trzy etapy: G_1 , S, G_2 . Podczas fazy S następuje podwojenie materiału genetycznego, czyli replikacja DNA. Czasami komórka traci zdolność do dalszych podziałów i przechodzi z fazy G_1 do fazy G_0 .
- s. 131 **Faza M** składa się z podziału jądra komórkowego (kariokinezy) i podziału cytoplazmy (cytokinezy).

2. Mitoza

NA TEJ LEKCJI:

- przeanalizujesz przebieg mitozy;
- poznasz znaczenie mitozy.

efekt mitozy

Mitoza jest podziałem komórkowym, podczas którego **powstają dwie nowe komórki** o takim samym materiale genetycznym jak komórka macierzysta. Mitoza zachodzi w komórkach somatycznych zwierząt (wszystkich komórkach ciała z wyjątkiem komórek płciowych) oraz w komórkach somatycznych i generatywnych (komórkach biorących udział w rozmnażaniu płciowym roślin) roślin. W trakcie mitozy następuje kariokineza, której towarzyszy **cytokineza** (kariokineza – podział jądra, cytokineza – podział cytoplazmy). Na podział jądra składają się następujące po sobie **fazy**: profaza, metafaza, anafaza i telofaza. Fazy te zachodzą płynnie i dzięki temu proces ma charakter ciągły.

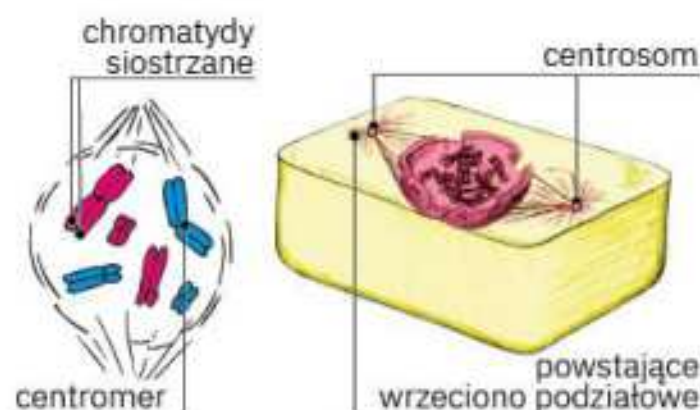
fazy mitozy

Profaza

Przebieg mitozy przedstawiono dla komórki macierzystej, w której występowało $2n = 6$ chromosomów.



Podczas profazy zanika otoczka jądrowa i jąderko. Długie nici chromatyny ulegają kondensacji (zagęszczeniu) i spiralizacji (skręceniu). Prowadzi to do uformowania się chromosomów. Każdy chromosom jest zbudowany z dwóch chromatyd (zwanych chromatydami siostrzanymi), a każda z nich ma jedną z dwóch powstałych po syntezie cząsteczek DNA. Chromatydę są połączone centromerem (przewężeniem pierwotnym). Następnie chromosomy ulegają skróceniu, a tym samym grubieją.

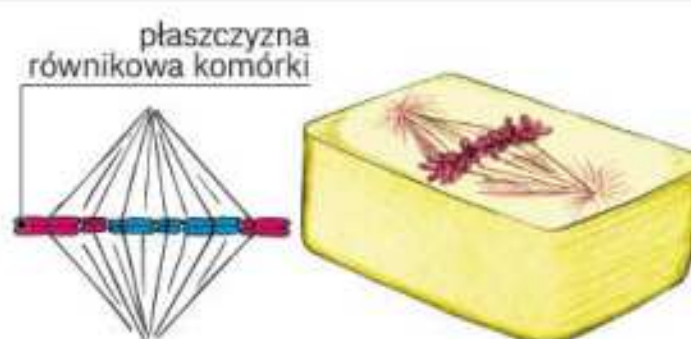


Ryc. V.2.1. Profaza.

W komórkach eukariotycznych następuje formowanie się wrzeciona podziałowego. Sposób jego powstania w komórkach roślinnych i zwierzęcych się różni. Miejscem powstania wrzeciona u zwierząt jest centrosom – rejon komórki znajdujący się w pobliżu jądra komórkowego (składający się z dwóch centrioli), który podczas interfazy (faza G_2) dzieli się na dwa (liczba centrioli wzrasta do 4). W trakcie profazy centrosomy zaczynają wędrować do biegunów komórki, a między nimi odkładają się mikrotubule, które tworzą wrzeciono podziałowe (tzw. wrzeciono kariokinetyczne) ułatwiające wędrówkę chromosomów podczas dalszych etapów podziału komórkowego. W komórkach roślinnych wrzeciono podziałowe powstaje bez udziału centrioli.

Metafaza

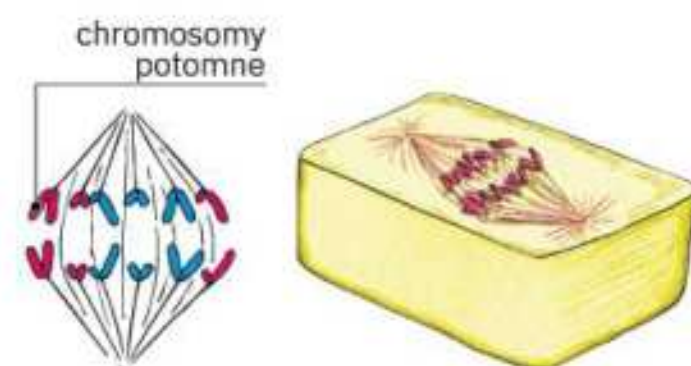
Metafaza jest najdłuższą fazą mitozy i trwa około 20 minut. Podczas metafazy chromosomy łączą się z mikrotubulami wrzeciona podziałowego za pomocą struktur umieszczonych w przewężeniu pierwotnym (centromerze). W wyniku ciągłego skracania się i wydłużania mikrotubul chromosomy stale wędrują, aż do ustawienia się w płaszczyźnie równikowej komórki wrzeciona podziałowego. Podczas metafazy chromosomy osiągają największy poziom zagęszczenia – są najgrubsze i najkrótsze. Pozwala to na obserwację wybarwionych chromosomów metafazowych pod mikroskopem optycznym.



Ryc. V.2.2. Metafaza.

Anafaza

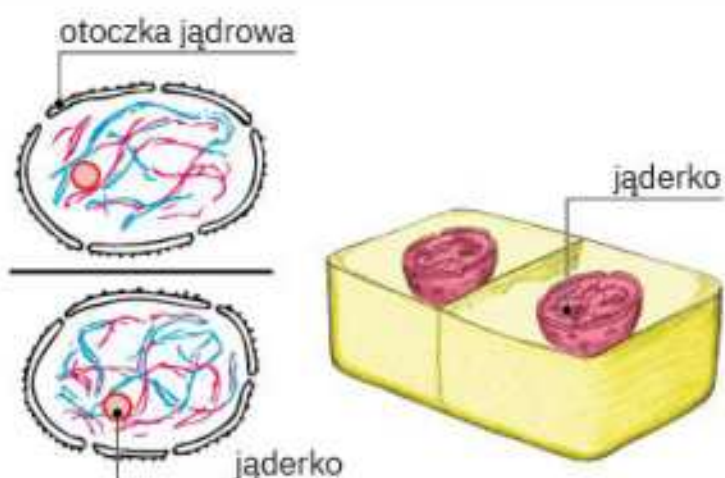
Anafaza jest najkrótszą fazą mitozy (trwa przeciętnie kilka minut). Podczas tej fazy następuje rozdział centromerów i chromatyd siostrzane zaczynają się od siebie oddzielać. Mikrotubule wrzeciona podziałowego skracają się i w efekcie przyciągają chromatyd siostrzane do przeciwnych biegunów komórki. Wędrujące chromatydę stają się chromosomami potomnymi i gromadzą się wokół dwóch biegunów komórki, tworząc dwa jednakowe zestawy chromosomów.



Ryc. V.2.3. Anafaza.



Telofaza

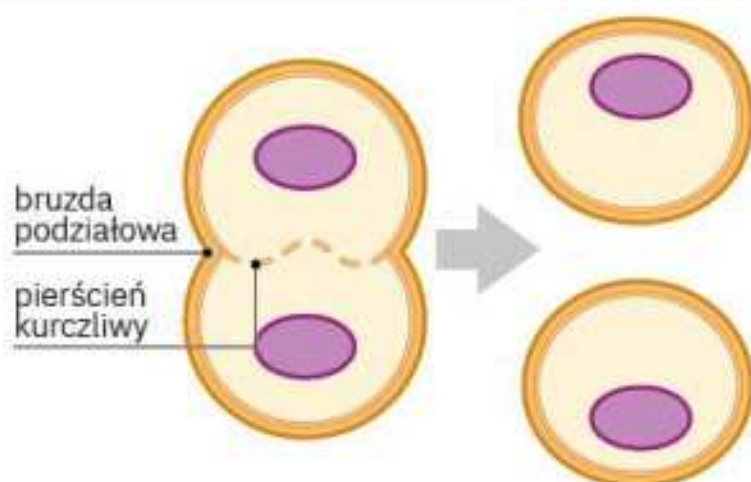


Ryc. V.2.4. Telofaza.

Podczas telofazy na biegunach komórki wokół zespołu chromosomów potomnych tworzą się nowe otoczki jądrowe. Powstają one z fragmentów pierwotnej otoczki jądrowej komórki macierzystej oraz z błon wewnątrzkomórkowych. Chromosomy potomne ulegają despiralizacji (rozkręceniu) i dekondensacji (mniejszemu zagęszczeniu), przyjmując postać włókien chromatynowych. Podczas telofazy zanika wrzeciono podziałowe i zostają odtworzone jąderka. W momencie powstania dwóch jąder potomnych następuje zakończenie mitozy.

cytokineza

Cytokineza



Ryc. V.2.5. Schemat przebiegu procesu cytokinezy u zwierząt. W komórkach roślinnych w płaszczyźnie równikowej wrzeciona tworzy się tzw. fragmoplast, na którym odkładają się substancje budujące pierwotną ścianę komórkową, która rozdziela cytoplazmę na dwie części – w efekcie powstają dwie komórki potomne.

Podział cytoplazmy oraz organelli i struktur w niej rozmieszczonych, czyli cytokineza, następuje już podczas anafazy lub późnej telofazy. Przebieg tego procesu jest różny w komórkach roślinnych i zwierzęcych.

W komórkach zwierzęcych w poprzek płaszczyzny równikowej wrzeciona podziałowego powstaje pierścień kurczliwy, zbudowany z mikrofilamentów aktyny połączonych z cząsteczkami miozyny (ryc. V.2.5.). W wyniku skurczu pierścienia podziałowego następuje pogłębiające się rozdzielanie cytoplazmy i utworzenie bruzdy podziałowej. Bruzda podziałowa stopniowo się pogłębia i ostatecznie prowadzi do całkowitego rozdelenia cytoplazmy pomiędzy dwie komórki potomne.

znaczenie mitozy

Znaczenie mitozy

Komórki potomne powstałe w wyniku mitozy posiadają identyczny materiał genetyczny jak komórka macierzysta. Zwiększenie liczby takich samych komórek umożliwia wzrost i rozwój organizmu. Dzięki mitozie możliwa jest regeneracja komórek uszkodzonych i zużytych, np. komórek nabłonka. Mitoza pozwala również na odbudowę tkanek czy całych organów (np. odbudowa odrzuconego ogona u jaszczurek). Dzięki mitozie zachodzi rozmnażanie bezpłciowe wielu gatunków roślin i zwierząt.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wytlumacz znaczenie mitozy dla komórki eukariotycznej, roślinnej, zwierzęcej i grzybowej.
2. Uzasadnij potrzebę podwajania materiału genetycznego podczas interfazy przed rozpoczęciem mitozy.
3. Wyjaśnij terminy: *komórka haploidalna*, *komórka diploidalna*.
4. W diploidalnej komórce zwierzęcej znajduje się 10 chromosomów. Oblicz:
 - a) ile chromosomów powinno powstać po zakończeniu mitozy;
 - b) ile chromatyd ułoży się w płaszczyźnie równikowej wrzeciona podziałowego.

PODSUMOWANIE LEKCJI

W wyniku podziału mitotycznego powstają z jednej komórki macierzystej **dwie komórki potomne** o takiej samej liczbie chromosomów jak komórka macierzysta.

s. 132

W przebiegu podziału mitotycznego wyróżniamy następujące **fazy**: profazę, metafazę, anafazę i telofazę.

s. 132

Pod koniec telofazy zachodzi **cytokineza**, w wyniku której następuje ostateczny podział komórki macierzystej na dwie komórki potomne.

s. 134

Cytokineza zachodzi w odmienny sposób w komórkach roślin i zwierząt.

s. 134

Mitoza prowadzi do wzrostu, regeneracji i rozmnażania bezpłciowego organizmów.

s. 134

3. Programowana śmierć komórki

NA TEJ LEKCJI:

- poznasz zdolności komórek do podziału;
- dowiesz się, jak przebiega kontrola cyklu komórkowego.

Aby organizm mógł prawidłowo funkcjonować, liczba jego komórek musi stale być regulowana. W związku z tym niektóre komórki **stale się dzielą**, jak komórki skóry, człowieka, inne utrzymują zdolność do podziałów na czas naprawy uszkodzeń, jak komórki wątroby. Natomiast w pełni wykształcone komórki nerwowe i mięśniowe dorosłego człowieka nigdy nie dzielą się. Te różnice w częstotliwości podziałów komórkowych wynikają z regulacji na poziomie molekularnym.

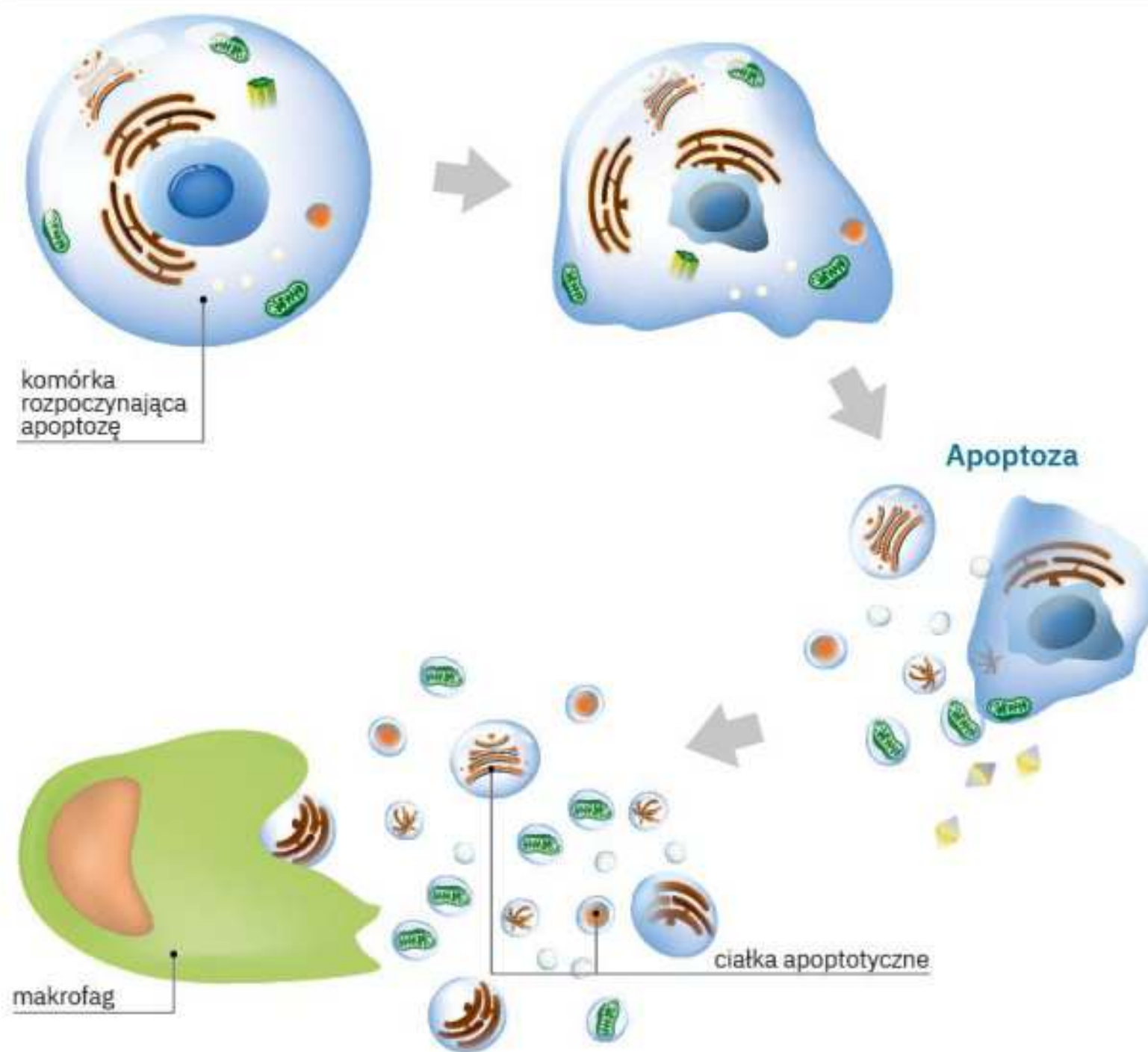
zdolność komórek
do podziału

Liczba komórek w organizmie wielokomórkowym jest regulowana przez intensywność dwóch procesów: podziałów komórkowych i śmierci komórki. Komórki uszkodzone, zarażone (np. toksynami bakteryjnymi) czy komórki stare, zużyte lub zbędne w organizmie są usuwane w procesie programowanej śmierci komórki zwanym **apoptozą** (programowaną śmiercią komórki, pierwotne określenie z gr. „opadanie liści z drzew”). Podczas tego procesu komórka traci wodę i kurczy

apoptoza



się, a wewnątrzkomórkowe struktury nie zostają uwalniane poza komórkę (**ryc. V.3.1.**). Następuje rozpad cytoszkieletu i zagęszczenie cytoplazmy. W wyniku rozpadu otoczki jądrowej DNA jądrowy zostaje rozcięty przez endonukleazy (enzymy rozkładające kwasy nukleinowe) na mniejsze fragmenty. Z błony komórkowej powstają pęcherzyki, tzw. ciała apoptotyczne, w które zostają „zapakowane” niezmiennione organelle komórkowe i części chromatyny. Ciała apoptotyczne zostają fagocytowane przez komórki żerne (makrofagi).



Ryc. V.3.1. Schemat procesu apoptozy. Do śmierci komórki prowadzi także nekroza (martwica) w miejscach uszkodzenia, podczas której następuje zaburzenie równowagi osmotycznej, przerwanie ciągłości błony komórkowej i wypłynięcie zawartości komórki na zewnątrz.

Apoptoza jest procesem niezbędnym dla prawidłowego rozwoju układu nerwowego, odpornościowego, a także dla właściwego wykształcenia dłoni i stóp u ludzi (także łap u innych ssaków). Brak apoptozy może prowadzić do powstania **chorób nowotworowych**.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij znaczenie zjawiska apoptozy dla prawidłowego funkcjonowania organizmu.
2. Przedstaw konsekwencje utraty kontroli nad zachodzeniem apoptozy w komórkach nowotworowych.
3. Na podstawie dostępnych źródeł informacji wyjaśnij znaczenie nekrozy w programowanej śmierci komórki.

PODSUMOWANIE LEKCJI

Komórki **różnią się zdolnością do podziałów** i długością życia.

s. 135

Programowana śmierć komórki to **apoptoza**, a nieprogramowana – **nekroza**.

s. 135

Utrata kontroli nad cyklem komórkowym prowadzi do powstania **komórek nowotworowych**.

s. 136

4. Mejoza

NA TEJ LEKCJI:

- przeanalizujesz przebieg mejozy;
- poznasz znaczenie mejozy;
- dowiesz się, jakie znaczenie ma proces *crossing-over* dla zachowania zmienności genetycznej.

Mejoza jest podziałem komórkowym, który prowadzi do redukcji liczby chromosomów do połowy. W wyniku tego podziału z jednej diploidalnej ($2n$) komórki macierzystej powstają cztery haploidalne ($1n$) komórki potomne.

Czas trwania mejozy zależy od ilości DNA w jądrze komórkowym. W jądrach komórek poliploidalnych (zwielokrotniona liczba n chromosomów, np. $4n$) mejoza trwa znacznie krócej w porównaniu z komórkami diploidalnymi ($2n$).

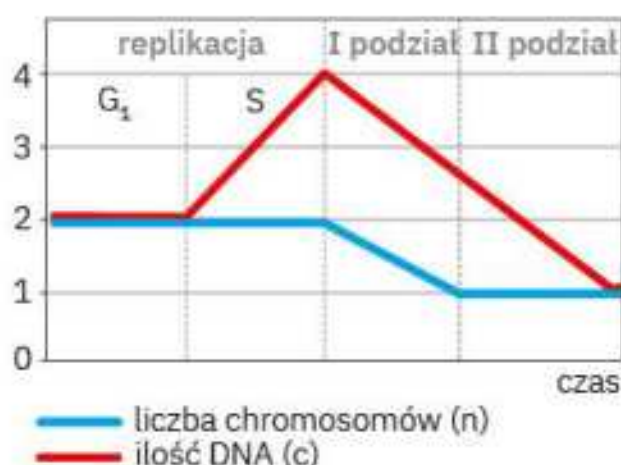
W komórkach zwierzęcych czas trwania mejozy jest znacznie dłuższy niż w komórkach roślinnych i często może ulec zatrzymaniu w określonej fazie, np. w profazie I na kilka dni, tygodni, miesięcy czy nawet kilkanaście lat (np. podczas gametogenezy u człowieka i innych ssaków).

Mejoza składa się z dwóch następujących po sobie podziałów określanych jako **pierwszy podział mejotyczny (I)** i **drugi podział mejotyczny (II)**. Każdy z podziałów składa się z takich samych faz jak mitoz: profazy I, metafazy I, anafazy I i telofazy I w pierwszym podziale oraz profazy II, metafazy II, anafazy II, telofazy II w drugim podziale. Pierwszy podział mejotyczny jest poprzedzony interfazą, która składa się z dwóch faz: fazy G_1 i S. Ich przebieg jest podobny do interfazy mitozy. Ko-

powstawanie
komórek
rozdrodzych



mórka bezpośrednio z fazy S, czyli replikacji DNA, przechodzi do profazy pierwszego podziału meiotycznego. Brak wyraźnie wyodrębnionej fazy G_2 charakterystycznej dla mitozy. W fazie G_1 ilość DNA w komórce diploidalnej ($2n$ liczba chromosomów) wynosi $2c$. Pod-



Ryc. V.4.1. Zmiany ilości materiału genetycznego w dzielącej się meiotycznie komórce diploidalnej.

czas fazy S następuje podwojenie (replikacja) DNA i w efekcie jego ilość wzrasta z $2c$ do $4c$, a liczba chromosomów się nie zmienia. Po pierwszym podziale meiotycznym ilość DNA redukuje się z $4c$ do $2c$. Ilość chromosomów zmienia się z $2n$ do $1n$, ponieważ para chromosomów homologicznych rozdziela się i po jednym chromosomie wędruje do komórek potomnych. Po drugim podziale meiotycznym zmienia się tylko ilość DNA – zmniejsza się z $2c$ do $1c$. Liczba chromosomów się nie zmienia, ponieważ w komórkach potomnych chromatydy stają się chromosomami. (ryc. V.4.1.).

Pierwszy podział meiotyczny

Pierwszy podział meiotyczny, nazywany też redukcyjnym, ma na celu rekombinację materiału genetycznego w procesie *crossing-over* (czytaj: krosing otwer) oraz rozdzielenie chromosomów homologicznych (redukcję ich liczby) w jądrach potomnych. Przebieg mejozy przedstawiono dla komórki macierzystej, w której występuje $2n = 6$ chromosomów.

■ Profaza I

Pod koniec profazy I chromosomy ulegają dalszej spiralizacji, a w tym czasie zanika otoczka jądrowa i jąderko oraz zaczyna się kształtować wrzeciono podziałowe.

Profaza I jest najdłuższą i najbardziej złożoną fazą mejozy. Z chromatyny wyodrębniają się chromosomy w postaci długich i cienkich nici. Każdy z chromosomów jest złożony z dwóch chromatyd. Następnie chromosomy skręcają się, grubieją i skracają. Chromosomy homologiczne układają się blisko siebie i łączą się w pary, tworząc tzw. biwalenty. Każdy biwalent jest zbudowany z dwóch chromosomów, a każdy z nich ma dwie chromatydy. Następnie w biwalentach dochodzi do wymiany odcinków między wewnętrznymi chromatydami chromosomów homologicznych, (zjawisko *crossing-over*; ryc. V.4.3.). Dzięki *crossing-over* powstają chromosomy o nowym składzie genetycznym. Proces ten prowadzi do wymieszania się (rekombinacji) materiału genetycznego w chromosomach homologicznych, z których jeden pochodzi od matki, a drugi – od ojca.

profaza
pierwszego
podziału
meiotycznego

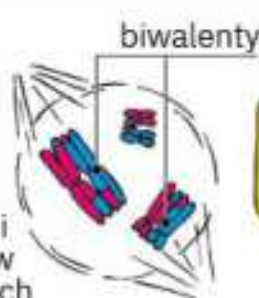
formowanie się
chromosomów



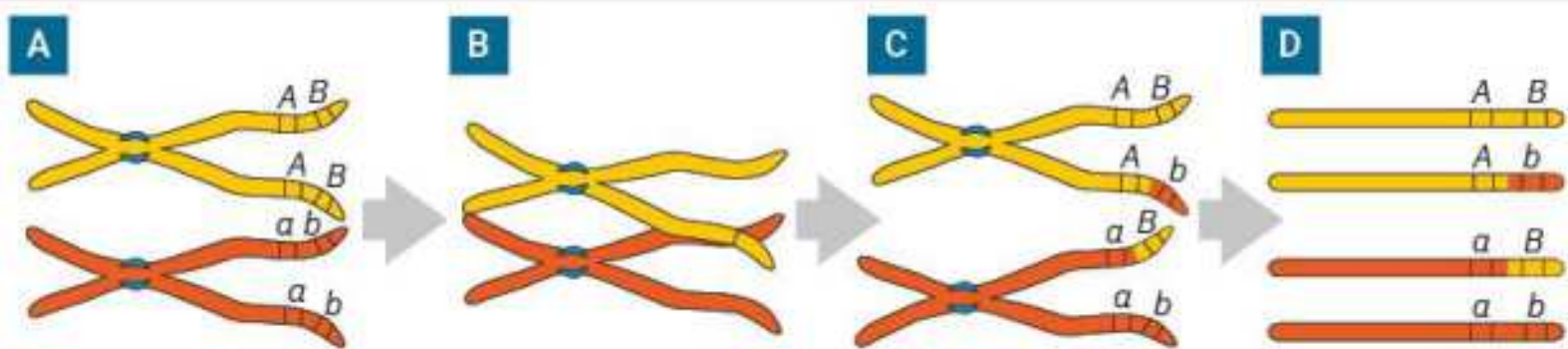
chromosomy homologiczne
tworzą biwalenty



wymiana
odcinków
między
chromatydami
chromosomów
homologicznych



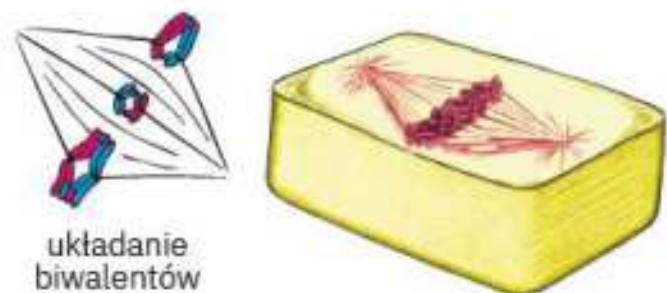
Ryc. V.4.2. Profaza I.



Ryc. V.4.3. Schemat przebiegu zjawiska *crossing-over*: A. dwa chromosomy homologiczne, każdy zbudowany z dwóch chromatyd, B. i C. krzyżowanie się chromatyd chromosomów homologicznych i wymiana odcinków między nimi, D. chromosomy po *crossing-over* składają się z chromatyd nierekombinacyjnych i rekombinacyjnych.

■ Metafaza I

Podczas metafazy I chromosomy homologiczne przesuwają się aż do ustawienia w płaszczyźnie równikowej wrzeciona podziałowego. Włókna wrzeciona łączą się z centromerami chromosomów. Pod koniec metafazy I w płaszczyźnie równikowej wrzeciona podziałowego znajdują się pary chromosomów homologicznych, czyli bivalente.

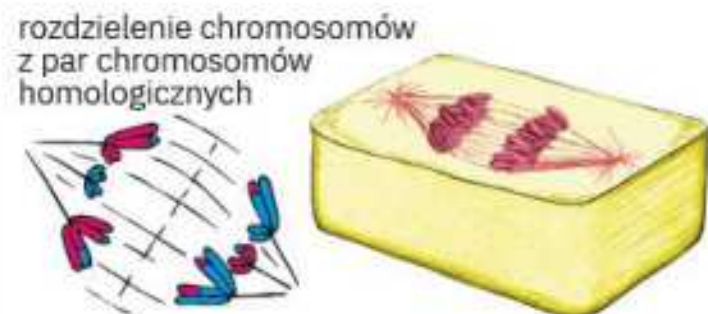


układanie bivalentów

Ryc. V.4.4. Metafaza I.

■ Anafaza I

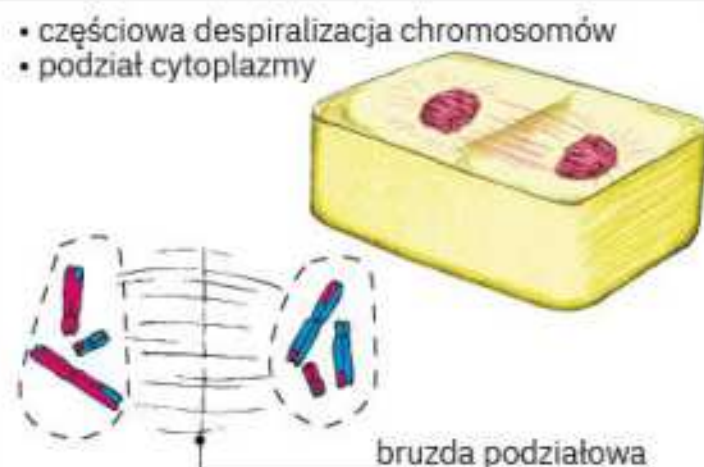
W anafazie I z płaszczyzny równikowej do przeciwległych biegunów komórki losowo rozchodzą się chromosomy z pary chromosomów homologicznych. Jeden chromosom z pary wędruje do jednego bieguna komórki, a drugi – do drugiego bieguna. Każdy chromosom nadal jest zbudowany z dwóch chromatyd.



Ryc. V.4.5. Anafaza I.

■ Telofaza I

Podczas telofazy I następuje skupienie chromosomów wokół dwóch biegunów komórki. Dochodzi do częściowej despiralizacji chromosomów, odtworzenia otoczki jądrowej i jąderka oraz rozdzielenia cytoplazmy – cytokinezy. Powstają dwie komórki potomne.



bruzda podziałowa

Ryc. V.4.6. Telofaza I.

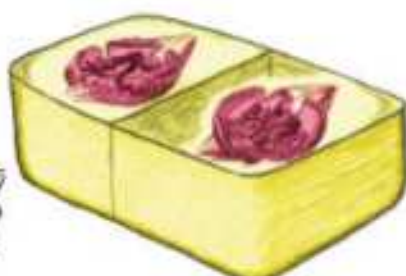


Drugi podział mejotyczny – powtórzenie mitozy

Drugi podział mejotyczny (zachowawczy) nie jest poprzedzony interfazą ani syntezą DNA. Najczęściej następuje po I mejozie lub jest poprzedzony krótką przerwą i przypomina mitozę. W każdej z dwóch powstałych po pierwszym podziale mejotycznym komórek następuje rozchodzenie się do przeciwległych biegunów komórki chromatyd, które następnie stają się chromosomami potomnymi. Podczas drugiego podziału zmniejsza się ilość DNA do $1c$, a liczba chromosomów jest taka sama. W wyniku tego zjawiska po cytokinezie powstają **cztery komórki potomne o pojedynczym zespole chromosomów ($1n$)**.

efekt mejozy

formowanie się chromosomów

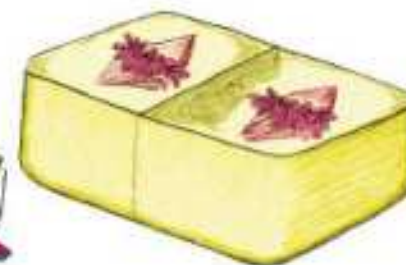
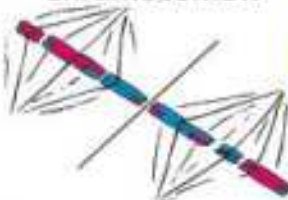


Ryc. V.4.7. Profaza II.

■ Profaza II

Profaza II jest bardzo krótka i polega na ponownym grubieniu (kondensacji) chromosomów. Podczas jej trwania ponownie zanika otoczka jądrowa i jąderko oraz zaczyna się tworzyć wrzeciono podziałowe.

układanie chromosomów

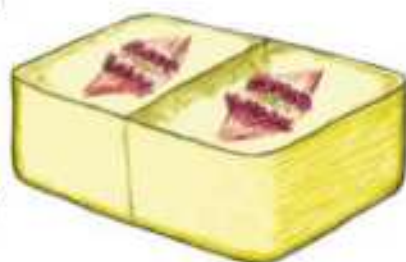


Ryc. V.4.8. Metafaza II.

■ Metafaza II

Podczas metafazy II chromosomy układają się w płaszczyźnie równikowej. Do ich centromerów przyłączają się włókna wrzeciona podziałowego (mikrotubule).

wędrówka grup chromatyd

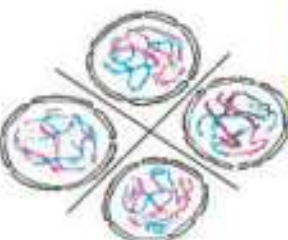


Ryc. V.4.9. Anafaza II.

■ Anafaza II

Podczas tej fazy następuje rozdzielanie do przeciwległych biegunów komórki chromatyd, z których powstają chromosomy potomne.

- despiralizacja chromosomów
- podział cytoplazmy



Ryc. V.4.10. Telofaza II.

■ Telofaza II

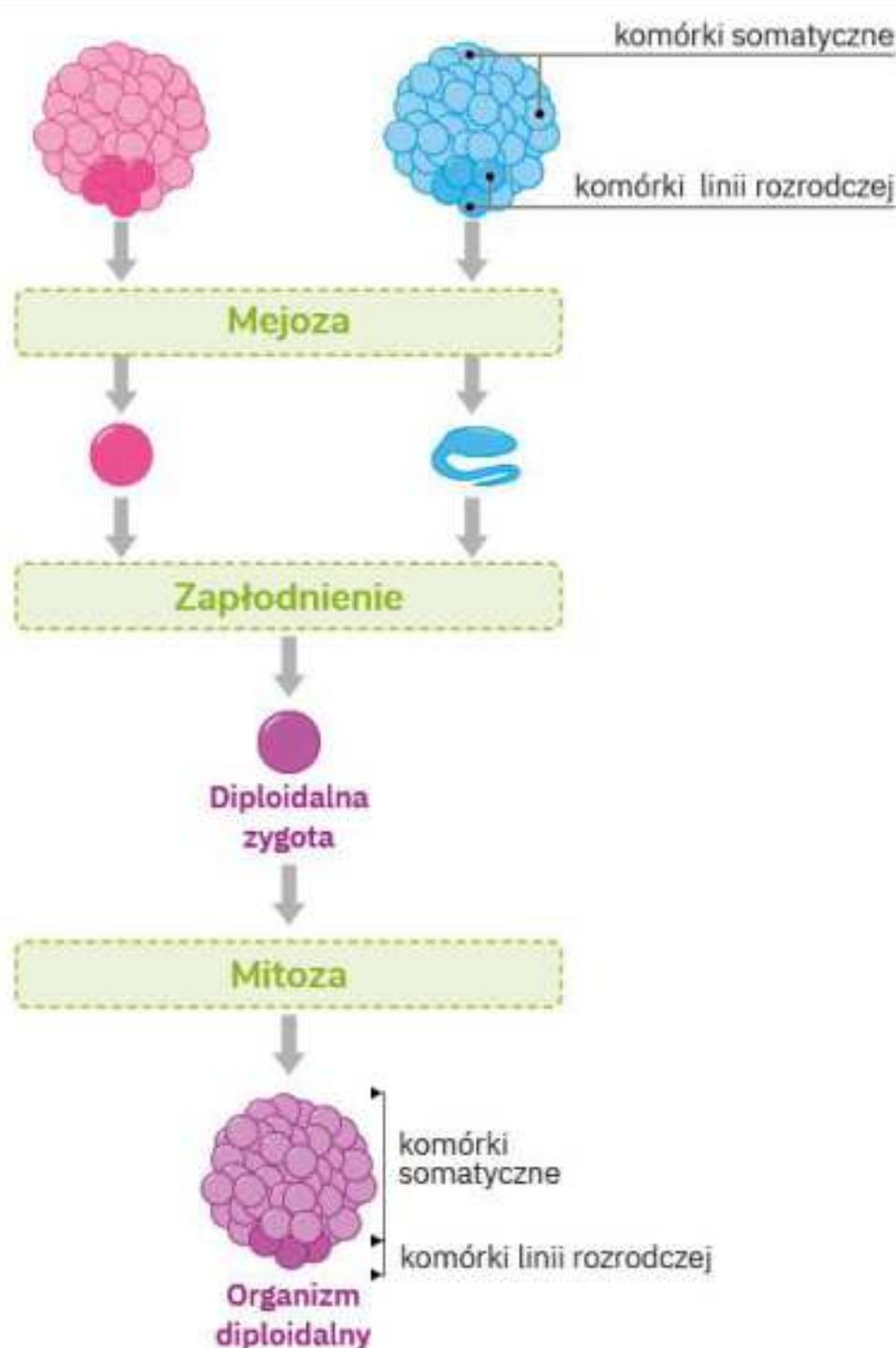
W telofazie II wokół chromosomów potomnych zostaje odtworzona otoczka jądrowa, a następnie pojawia się jąderko. Chromosomy ulegają despiralizacji (rozkręceniu i odtworzeniu chromatyny), a powstałe komórki przechodzą podział cytoplazmy – cytokinezę. Powstają cztery komórki odmienne genetycznie od siebie i komórki macierzystej.



Znaczenie mejozy

Podział mejotyczny zachodzi u wszystkich organizmów rozmnażających się płciowo. U zwierząt mejoza umożliwia tworzenie haploidalnych komórek rozrodczych – gamet, które po połączeniu się podczas procesu zapłodnienia tworzą diploidalną zygotę (po jednym zespole chromosomów od każdego z rodziców). Zygota, dzieląc się mitotycznie, rozwija się w nowy organizm (**ryc. V.4.11**). Mejoza u roślin i grzybów prowadzi do powstania haploidalnych zarodników.

Istotne znaczenie ma również zjawisko *crossing-over* zachodzące w profazie pierwszego podziału mejotycznego. Proces ten razem z losowym rozchodzeniem się chromosomów do komórek potomnych warunkuje zmienność genetyczną organizmów.



Ryc. V.4.11. Nowy organizm jest mozaiką cech pochodzących od każdego z rodziców, co daje szansę na przystosowanie i przetrwanie w nieprzewidywalnych warunkach środowiska.



ZADANIA DO ROZWIĄZANIA

1. Wyjaśnij znaczenie zachodzącego podczas mejozy procesu *crossing-over* dla zmienności genetycznej w komórkach potomnych.
2. Porównaj przebieg metafazy mitozy i metafazy pierwszego podziału meiotycznego.
3. Wytłumacz znaczenie interfazy dla przebiegu podziału meiotycznego i powstania czterech haploidalnych komórek potomnych.
4. Porównaj anafazę mitozy z anafazą I i II podziału meiotycznego.
5. Oceń znaczenie podziału meiotycznego dla organizmów eukariotycznych.
6. W diploidalnej komórce naskórka pewnego ssaka znajduje się 20 chromosomów. Oblicz:
 - a) ile biwalentów powinno powstać podczas pierwszego podziału meiotycznego;
 - b) ile chromosomów będzie zawierała pojedyncza gameta;
 - c) ile chromatyd ułoży się w płaszczyźnie równikowej wrzeciona podczas drugiego podziału meiotycznego w pojedynczej komórce.

PODSUMOWANIE LEKCJI

s. 137

Podział meiotyczny składa się z pierwszego podziału meiotycznego (I) oraz drugiego podziału meiotycznego (II). W obu podziałach występują takie same fazy: profaza, metafaza, anafaza i telofaza.

s. 138

Profaza pierwszego podziału meiotycznego różni się od profazy mitozy i profazy drugiego podziału meiotycznego. Podczas tej fazy powstają pary chromosomów homologicznych, tzw. biwalenty, w których zachodzi wymiana odcinków chromatyd, czyli zjawisko *crossing-over*. *Crossing-over* decyduje o zmienności genetycznej organizmów.

s. 138

W czasie pierwszego podziału meiotycznego następuje redukcja liczby chromosomów **z diploidalnej do haploidalnej** i rekombinacja materiału genetycznego w wyniku *crossing-over*. Drugi podział meiotyczny przypomina mitozę i w jego efekcie powstają **cztery komórki potomne o zredukowanej liczbie chromosomów ($1n$)**.

s. 141

Mejoza prowadzi do **powstania gamet u zwierząt i zarodników u roślin i grzybów**.



PODSUMOWANIE PRZED SPRAWDZIANEM

1. Przebieg cyklu komórkowego

- Wyróżniamy dwa podstawowe **rodzaje podziałów w komórkach** eukariotycznych – mitozę i mejozę; komórki prokariotyczne dzielą się w wyniku podziału bezpośredniego. s. 130
- Cykl komórkowy obejmuje dwie fazy:** fazę wzrostu komórki – interfazę i procesy podziału komórki – fazę M. s. 130
- Interfaza** obejmuje trzy etapy: G_1 , S, G_2 . Podczas fazy S następuje podwojenie materiału genetycznego, czyli replikacja DNA. Czasami komórka traci zdolność do dalszych podziałów i przechodzi z fazy G_1 do fazy G_0 . s. 130
- Faza M** składa się z podziału jądra komórkowego (kariokinezy) i podziału cytoplazmy (cytokinezy). s. 131

2. Mitoza

- W wyniku podziału mitotycznego powstają z jednej komórki macierzystej **dwie komórki potomne** o takiej samej liczbie chromosomów jak komórka macierzysta. s. 132
- W przebiegu podziału mitotycznego wyróżniamy następujące **fazy**: profazę, metafazę, anafazę i telofazę. s. 132
- Cytokineza** zachodzi pod koniec telofazy, w jej wyniku następuje ostateczny podział komórki macierzystej na dwie komórki potomne. s. 134
- Cytokineza** zachodzi w odmienny sposób w komórkach roślin i zwierząt. s. 134
- Mitoza** prowadzi do wzrostu, regeneracji i rozmnażania bezpłciowego organizmów. s. 134

3. Program śmierci komórki

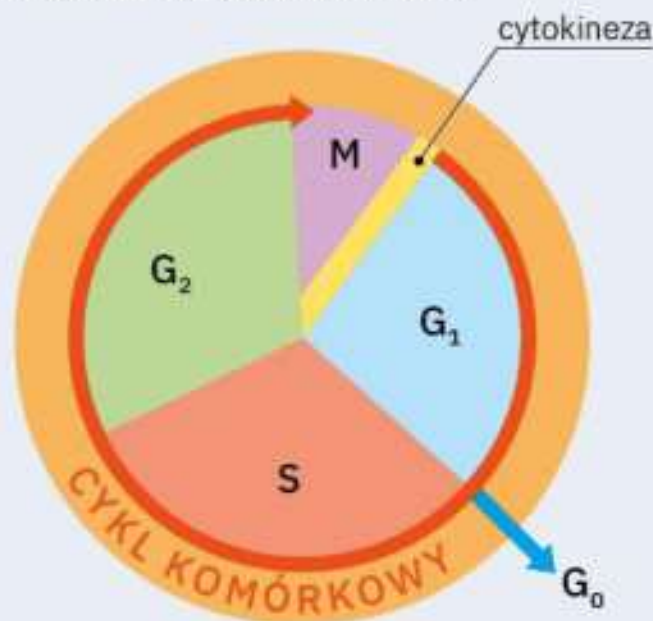
- Komórki **różnią się zdolnością do podziałów** i długością życia. s. 135
- Programowana śmierć komórki to **apoptoza i nekroza**. s. 135
- Utrata kontroli nad cyklem komórkowym prowadzi do powstania **komórek nowotworowych**. s. 136

4. Mejoza

- Podział mejotyczny** składa się z pierwszego podziału mejotycznego (I) oraz drugiego podziału mejotycznego (II). W obu podziałach występują takie same fazy: profaza, metafaza, anafaza i telofaza. s. 137
- Profaza pierwszego podziału mejotycznego** różni się od profazy mitozy i profazy drugiego podziału mejotycznego. Podczas tej fazy powstają pary chromosomów homologicznych, tzw. biwalenty, w których zachodzi wymiana odcinków chromatyd, czyli zjawisko *crossing-over*. *Crossing-over* decyduje o zmienności genetycznej organizmów. s. 138
- W czasie pierwszego podziału mejotycznego następuje redukcja liczby chromosomów z **diploidalnej do haploidalnej** i rekombinacja materiału genetycznego w wyniku *crossing-over*. Drugi podział mejotyczny przypomina mitozę i w jego efekcie powstają **cztery komórki potomne o zredukowanej liczbie chromosomów ($1n$)**. s. 138
- Mejoza prowadzi do **powstania gamet u zwierząt i zarodników u roślin i grzybów**. s. 141

SPRAWDŹ, CZY UMIESZ

- Na schemacie przedstawiono fazy cyklu życiowego komórki.



- Wskaż etap, w którym zachodzi synteza materiału genetycznego.
- Wyjaśnij, kiedy komórka może wejść w fazę G_0 .
- Omów zmiany zachodzące w fazie G_1 .

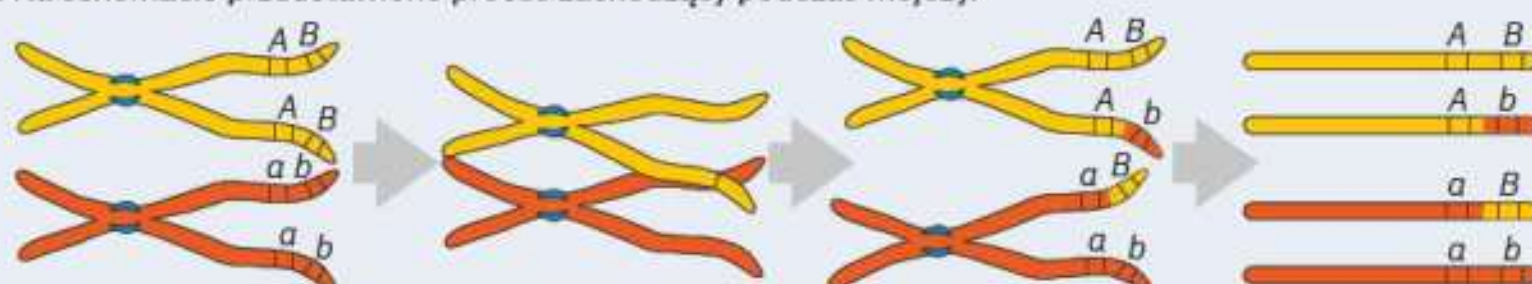


2. Na rysunku przedstawiono zmiany materiału genetycznego w dzielącej się komórce.



Określ, jaki podział komórkowy przedstawiono na rysunku. Uzasadnij odpowiedź, uwzględniając zmiany liczby chromosomów i ilości DNA.

3. Na schemacie przedstawiono proces zachodzący podczas mejozy.



- Podaj nazwę procesu i wskaż, w której fazie mejozy zachodzi.
- Określ, jaki jest efekt tego procesu.

4. Przerysuj tabelę do zeszytu. Uzupełnij w niej odpowiednie liczby chromosomów.

Liczba chromosomów w interfazie	Liczba chromosomów po pierwszym podziale meiotycznym	Liczba chromosomów po drugim podziale meiotycznym
20	...	...
30	...	...

5. Narysuj w zeszycie anafazę podziału mitotycznego i meiotycznego dla komórki mającej $2n = 6$ chromosomów.

6. Wyróżniamy dwa rodzaje podziałów komórkowych: mitozę i mejozę. Mejoza składa się z dwóch podziałów. Określ, który z podziałów meiotycznych jest nazywany redukcyjnym. Odpowiedź uzasadnij.

7. Wyjaśnij, dlaczego powstanie gamet ludzkich – komórki jajowej i plemnika – poprzedzone jest procesem mejozy.

8. Oceń prawdziwość zdań dotyczących cytoszkieletu komórki. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub F, jeśli jest fałszywe. Odpowiedzi zapisz w zeszycie.

Zdanie	P/F
1. Mejoza obejmuje dwa podziały, z których każdy składa się z następujących faz: profazy, metafazy, anafazy, telofazy.	...
2. Mitoza prowadzi do wzrostu organizmu i jego regeneracji.	...
3. W wyniku mejozy powstają cztery diploidalne komórki potomne.	...

9. Syndaktylia jest wrodzoną wadą polegającą na częściowym zrośnięciu się palców stóp lub dłoni. Wyjaśnij, brak jakiego procesu może prowadzić do wystąpienia tej choroby. Uzasadnij odpowiedź.

Słowniczek trudniejszych pojęć

Akceptor – cząsteczka, atom lub jon, który w trakcie reakcji chemicznej przyjmuje elektron, proton, grupę funkcyjną lub określony jon od innych cząsteczek.

Aktyna – białko proste, które wraz z białkiem miozyną buduje miofibrylle komórek i włókien mięśniowych. Wchodzi także w skład cytoszkieletu komórki, w którym odpowiada za m.in. ruch i zmianę kształtu komórek.

Badania przesiewowe – rodzaj badania przeprowadzanego wśród osób nieposiadających objawów choroby w celu jej wykrycia i wczesnego leczenia.

Białka histonowe – białka o charakterze zasadowym, występujące w jądrze komórkowym, w połączeniu z kwasem DNA tworzą nukleosomy.

Biogaz – gaz palny, produkt fermentacji metanowej związków pochodzenia organicznego (np. ścieków, odpadów komunalnych i rolno-spożywczych oraz biomasy). Biogaz składa się głównie z metanu i dwutlenku węgla. Gazy te w czasie spalania lub utlenienia wydzielają energię wykorzystywaną jako paliwo.

Bufor – roztwór zachowujący stałe stężenie jonów wodorowych (stałe pH) po dodaniu niewielkich ilości kwasu lub zasady.

Chloroplast – organelum roślinne, w którym zachodzi fotosynteza.

Chityna – wielocukier złożony (polisacharyd) zbudowany z węgla, wodoru, tlenu i azotu, budujący ścianę komórkową większości grzybów i pancerzyki stawonogów.

Ciśnienie osmotyczne – siła nacisku wywieranego na roztwór w celu powstrzymania przepływu rozpuszczalnika przez półprzepuszczalną membranę, która rozdziela roztwory o różnym stężeniu. W komórce jest wywołane różnicą stężeń związków lub jonów po obu stronach błony i dążeniem układu do ich wyrównania.

Cytologia – nauka zajmująca się morfologią i fizjologią komórek.

Cytozol – płynny składnik cytoplazmy, w którym są zawieszone organelle.

Denitryfikacja – reakcja chemiczna przeprowadzana przez bakterie, w czasie której azotany są redukowane do azotu.

Determinować – warunkować.

Detoksykacja – usuwanie toksycznych dla komórek substancji.

Donor – cząsteczka, atom lub jon, która w trakcie reakcji chemicznej dostarcza elektron, proton, grupę funkcyjną lub określony jon innym cząsteczkom.

Dyfundować – samorzutnie przenikać.

Dysocjacja – proces rozpadu cząsteczek związków chemicznych na jony pod wpływem rozpuszczalnika.

Eukariotyczna komórka – komórka, w której obecne jest jądro komórkowe.

Endonukleazy – enzymy z klasy hydrolaz rozkładające kwasy nukleinowe – DNA i RNA – wewnątrz ich cząsteczek.

Enzymy hydrolityczne – hydrolazy, klasa enzymów rozkładająca wiązania chemiczne złożonych związków do związków prostszych z przyłączeniem wody; do hydrolaz należą enzymy trawienne.

Gametogeneza – proces powstawania komórek rozrodczych (gamet).

Genofor – „chromosom bakteryjny”, materiał genetyczny komórki prokariotycznej – bakterii w postaci kolistej cząsteczki DNA niepołączonej z białkami i nieoddzielonej od cytoplazmy błoną jądrową.

Glikolipidy – grupa organicznych związków chemicznych zaliczanych do lipidów złożonych składających się oprócz alkoholu i kwasów tłuszczowych z reszt cukrowych (najczęściej galaktozy lub glukozy); są składnikiem budulcowym błon biologicznych.

Glikoproteiny – grupa organicznych związków chemicznych zaliczanych do białek złożonych składających się oprócz łańcuchów polipeptydowych z reszt cukrowych; są składnikami błon biologicznych, budują cytoszkielet, enzymy i hormony.

Helisa – motyw struktury białek, przypomina kształtem skręconą w prawą stronę sprężynę.

Heparyna – polisacharyd zapobiegający krzepnięciu krwi w naczyniach krwionośnych; jest stosowany jako lek przeciwzakrzepowy.

Hialuronowy kwas – polisacharyd będący składnikiem skóry właściwej oraz mazi stawowej, nadaje im odpowiednią sprężystość i lepkość oraz pełni funkcje odżywcze.

Histologia – nauka o budowie i funkcji tkanek.

Hydrofilowy – łatwo łączący się z wodą, z którą ma większe powinowactwo niż cząsteczki wody do siebie.

Hydrofobowy – trudno łączący się z wodą, z którą ma mniejsze powinowactwo niż cząsteczki wody wzajemnie do siebie.

Interferencja – nakładanie się.

Izomery – związki chemiczne o identycznym wzorze sumarycznym (składzie pierwiastkowym), ale różnym wzorze strukturalnym.

Komplementarne – uzupełniające się.

Konformacja natywna – struktura przestrzenna białka warunkująca jego aktywność biologiczną.

Limfocyty – komórki układu odpornościowego człowieka należące do krwinek białych – leukocytów – odpowiedzialne za odpowiedź immunologiczną organizmu, czyli rozpoznawanie i zwalczanie chorobotwórczych bakterii i wirusów.

Lipoproteina – kompleks białkowo-lipidowy służący do transportu lipidów we krwi. Lipoproteiny o małej gęstości (LDL) dostarczają cholesterol do wielu komórek ciała, a lipoproteiny o dużej gęstości (HDL) przenoszą cholesterol do wątroby.

Makrofagi – jeden z typów krwinek białych – leukocytów – powstających w czerwonym szpiku kostnym, o dużych rozmiarach, nawet powyżej 20 μm . Uczestniczą w odporności organizmu przez zdolność do fagocytozy m.in. bakterii, wirusów, pierwotniaków, grzybów, fragmentów zniszczonych komórek czy komórek nowotworowych.

Marker molekularny – związek chemiczny, którego obecność lub zmiany stężenia (wzrost, spadek) w analizowanej próbce tkanki wskazuje na pewien stan układu, np. chorobę.

Miażdżyca – postępująca choroba polegająca na odkładaniu się lipidów w wewnętrznej ścianie tętnic, co prowadzi do zaburzeń układu sercowo-naczyniowego.

Mikroorganizmy – organizmy, które są widoczne pod mikroskopem. Do mikroorganizmów zaliczamy: bakterie, archeony, protisty i niektóre grzyby.

Mitochondrium – organellum komórkowe, w którym zachodzi m.in. tlenowe oddychanie komórkowe oraz utlenianie kwasów tłuszczowych.

Morfotyczne elementy krwi – upostaciowione składniki krwi, w skład których wchodzi komórki bądź ich fragmenty.

Mukopolisacharydy – polisacharydy zbudowane z powtarzających się jednostek disacharydowych (połączenie aminocukru i pochodnej glukozy) oraz grupy siarczanowej. Są m.in. składnikiem chrząstki u zwierząt.

Mureina – substancja cukrowo-peptydowa (peptydoglikan) będąca głównym składnikiem ściany komórkowej bakterii.

Mutacja – nagła, losowa zmiana materiału genetycznego komórki, która może być dziedziczna.

Nadtlenek wodoru – nieorganiczny związek chemiczny, utleniacz; powstaje w komórkach oraz jest produkowany syntetycznie; 3-procentowy roztwór nadtlenku wodoru to woda utleniona.

Nomenklatura – nazewnictwo, zbiór zasad nadawania określonych nazw związkowi chemicznemu.

Nukleoid – obszar cytoplazmy komórki prokariotycznej – bakterii, w którym znajduje się genom.

Organelle – składniki komórki otoczone błoną.

Perystaltyka – rytmiczne fale skurczów i rozkurczów w ścianach moczowodów i jelit. Powodują przesuwanie treści zgromadzonej w tych narządach.

Plazmidy – koliste cząsteczki DNA występujące w cytoplazmie komórki prokariotycznej – bakterii i w komórkach grzybów – drożdży. Mają zdolność do samodzielnej syntezy (replikacji) DNA. Znajdują się w nich geny odporności na niekorzystny wpływ środowiska, np. na antybiotyki czy produkcję toksyn.

Podpuszczka – enzym trawienny, który znajduje się w dużych ilościach w śluzówce żołądka cielęcego; wykorzystywana w mleczarstwie do produkcji serów.

Polarna cząsteczka – cząsteczka biegunowa utworzona z atomów o różnej elektrojemności (rozdzielenie ładunku dodatniego i ujemnego).

Prebiotyk – substancja obecna lub wprowadzana do pożywienia w celu pobudzania rozwoju prawidłowej flory jelit. Prebiotykiem może być naturalny składnik diety, np. błonnik pokarmowy, lub dodatki do żywności o charakterze prozdrowotnym.

Prokariotyczna komórka – komórka, w której brak jądra komórkowego oraz organeli otoczonych błonami.

Przeciwciała – swoiste białka, które rozpoznają specyficzne antygeny i wiążą się z nimi; są wytwarzane przez komórki plazmatyczne.

Rekombinacja genetyczna – wymiana materiału genetycznego, w wyniku której powstają nowe kombinacje genów.

Replikacja – proces kopiowania genomu.

Retikulum endoplazmatyczne – siateczka śródplazmatyczna.

Rurki sitowe – żywe komórki wchodzące w skład tkanki przewodzącej – łyka (floemu) roślin okrytonasiennych o poprzecznych ścianach komórkowych zaopatrzonych w pola sitowe, przewodzące asymilaty z liści do wszystkich organów rośliny.

Sekwencja – kolejność, uporządkowany ciąg składników elementarnych, np. aminokwasów w białkach.

Somatyczne komórki – wszystkie komórki organizmu z wyjątkiem komórek płciowych.

Spektrofotometr – urządzenie pozwalające na pomiar pochłoniętego lub odbitego światła przez próbkę.

Substrat – związek chemiczny, pierwiastek lub jon, który podlega przemianom w wyniku reakcji chemicznej.

Toksyny bakteryjne – substancje chemiczne wydzielane do środowiska przez żywe bakterie lub po rozpadzie komórki bakteryjnej; są podstawą chorobotwórczości bakterii, gdy dostaną się do żywych organizmów, powodują wiele niebezpiecznych chorób.

Transgeniczny organizm – organizm zmodyfikowany genetycznie, którego genom został zmieniony metodami inżynierii genetycznej.

Tubulina – białko zaliczane do grupy białek globularnych (glikoproteina) budujące mikrotubule uczestniczące w transporcie substancji w komórce, ruchach różnych struktur komórkowych oraz utrzymaniu kształtu komórki.

Wartość referencyjna – wartość odniesienia, do której porównujemy uzyskane wyniki, dane.

Wiązania kowalencyjne – rodzaj wiązania chemicznego, w którego tworzeniu uczestniczy para elektronów współdzielona przez oba atomy tworzące to wiązanie.

Zhomogenizować – rozdrobnić; czynność polegająca na wytwarzaniu jednorodnej mieszaniny ze składników, które nie mieszają się ze sobą; w biologii stosowana przy izolacji np. białek czy kwasów nukleinowych.

Indeks pojęć i terminów

A

adenozynotrifosforan 104
adhezja 29
aktywator 110
albuminy 56
aldoza 36
aminokwasy 56
 egzogenne 58
 endogenne 58
anabolizm 102
anafaza 133
analiza statystyczna 10
aparat Golgiego 93
apoptoza 136
asymetria błony 82
ATP 104

B

białka 54
 błonowe 81
 globularne 55
błonnik pokarmowy 42

C

celuloza 41
centrum aktywne 108
chityna 42
cholesterol 51
chromatyna 65, 89
chromosom 65, 90
crossing-over 138
cykl Krebsa 116
cytokineza 130, 132, 134
cytoplazma 91
cytoszkielet 92

D

denaturacja 59
deoksyryboza 37, 62
dipole 27
disacharydy 37
DNA 62
dwuwarstwa 50
dyfuzja wspomagana 85

E

egzocytoza 86
endocytoza 86
energia aktywacji 107
enzymy 54, 106

F

faza M 131
fermentacja 120
fibrynogen 56
fosfolipidy 50
frakcjonowanie komórek 17
fruktoza 37

G

galaktoza 37
glikogen 41
glikogenoliza 124
glikokaliks 82
glikoliza 116
globuliny 56
glukoneogeneza 124
glukoza 36
grupy funkcyjne 33

H

hem 56
hemoglobina 56
hipoteza 9
histony 55, 65
hydrofilowe właściwości 57
hydrofobowe właściwości 57

I

inhibitor 110
interfaza 130
in vitro 17
in vivo 17
izomery 49

J

jądro komórkowe 88

K

kariokineza 130
kariotyp 90
katabolizm 103
keratyna 55
ketoza 36
koagulacja 59
koenzym 108
kofaktor 108
kolagen 55
komórki
 eukariotyczne 74
 grzybów 75
 prokariotyczne 73

komplementarność zasad 64
konformacja 59
kwas
 deoksyrybonukleinowy 62
 rybonukleinowy 62
 szeregu ω -3 48
 tłuszczowy nasycony 47

L

laktaza 39
lecytyna 50
lipidy 46
lizosom 94

M

makrocząsteczki 33
makroelementy 23
maltoza 39
materiał badawczy 10
mejoza 137
metabolizm 102
metafaza 133
metoda
 eksperymentalna 9
 obserwacyjna 8
mikroelementy 25
mikroskop
 elektronowy 15
 fluorescencyjny 15
 kontrastowo-fazowy 15
 optyczny 14
 światłny 13
mitochondrium 96
mitoza 132
monosacharydy 35
mukopolisacharydy 42

N

nukleosom 65
nukleotydy 62

O

oddychanie
 komórkowe 114
oleje 48
organelle komórkowe 79
organizmy
 beztlenowe 119
 eukariotyczne 72
 modelowe 10
 prokariotyczne 72
 tlenowe 119

P

pierwiastki
 biogenne 23
płynność błony 82
polimery 33
polisacharydy 39
próba
 badawcza 10
 kontrolna 10
profaza 132

R

reakcja pomostowa 116
RNA 62, 66
rybosom 94
ryboza 62

S

sacharoza 38
siateczka śródplazmatyczna 92
siły kohezji 29
składniki
 nieplazmatyczne 79
 plazmatyczne 79
skrobia 39
stała Michaelisa-Menten 111
steroidy 51
system błon biologicznych 80

T

telofaza 134
tłuszcze stałe 48
tłuszcze właściwe 47
toniczność 83
transport
 bierny 82
 czynny 85

U

ultraelementy 25
uwodornienie 49

W

wiązanie
 estrowe 47
 fosfodiestrowe 63
 glikozydowe 37
 peptydowe 58

Z

związki
 nieorganiczne 22
 organiczne 22
 węglą 32