Skład chemiczny i funkcje DNA

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

DNA pełni rolę nośnika informacji w organizmach żywych. Długość DNA zawartego w jednej ludzkiej komórce wynosi ok. 2 m.
Źródło: Pixabay, domena publiczna.

DNA, czyli kwas deoksyrybonukleinowy, jest jednym z kwasów nukleinowych występujących w komórkach. Składa się on z długich, nierozgałęzionych łańcuchów polinukleotydowych, których podstawową jednostką są nukleotydy. DNA zawiera informację genetyczną dotyczącą budowy białek, od których zależą cechy wszystkich organizmów. W tym materiale dokładnie poznasz budowę DNA i dowiesz się, jakie ważne funkcje pełni ten związek.

Twoje cele

- Omówisz budowę DNA.
- Wskażesz różne wiązania występujące w DNA.
- Wyjaśnisz rolę DNA jako nośnika informacji genetycznej.

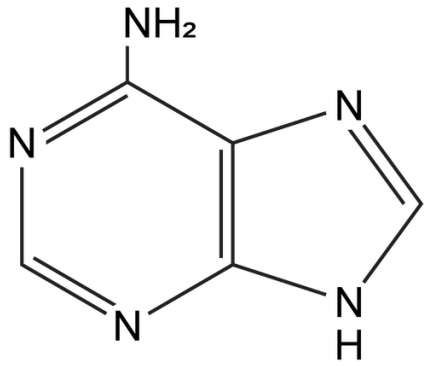
Przeczytaj

Budowa kwasu deoksyrybonukleinowego

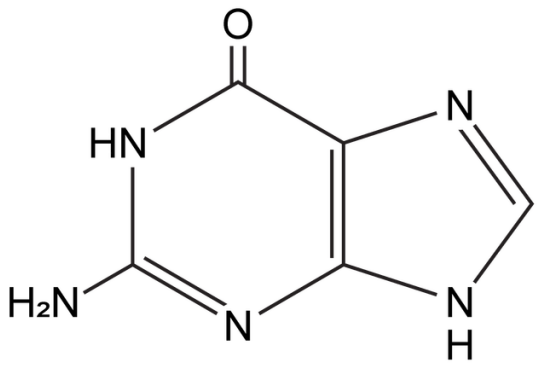
Kwas deoksyrybonukleinowy (DNA) jest jednym z kwasów nukleinowych występujących w komórkach prokariotycznych i eukariotycznych.

W skład nukleotydów tworzących DNA wchodzą następujące elementy:

1. Nukleozyd, zbudowany z jednej z zasad azotowych (adeniny, guaniny, cytozyny lub tyminy) połączonej z pierwszym atomem węgla (1′) pięciowęglowego cukru deoksyrybozy.
2. Reszta kwasu fosforowego(V) połączona z grupą hydroksylową nukleozydu związaną z piątym atomem węgla (5′) reszty cukrowej.



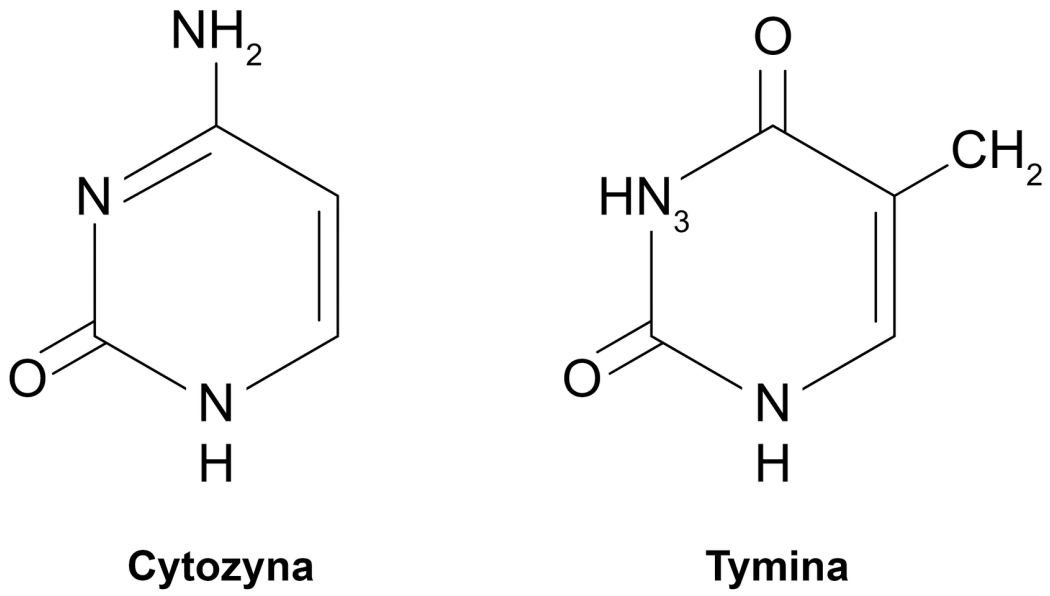
Adenina



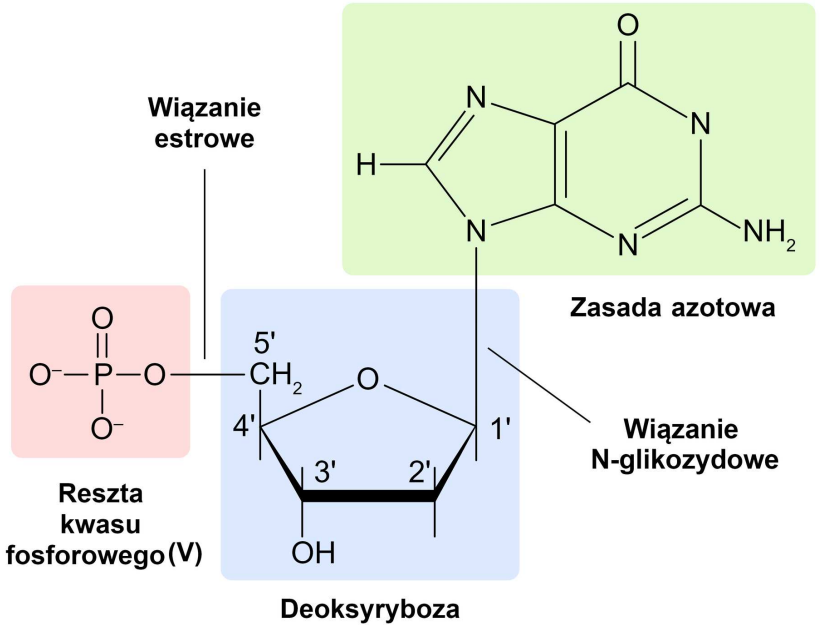
Guanina

Zasady azotowe adenina (A) i guanina (G) to puryny złożone z dwóch sprzężonych pierścieni węglowo-azotowych.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



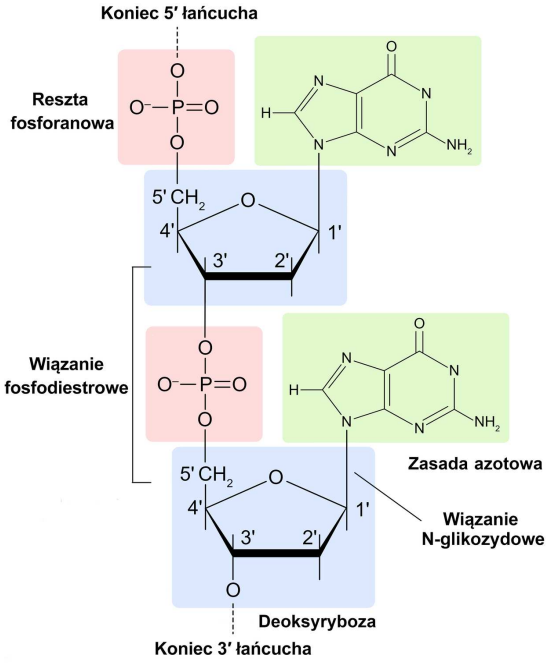
Zasady azotowe cytozyna (C) i tymina (T) to pirymidyny. Każda z nich zbudowana jest z pojedynczego pierścienia węglowo-azotowego.
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



Budowa nukleotydu.
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W wyniku połączenia wielu nukleotydów powstaje łańcuch polinukleotydowy. Nukleotydy w jednym łańcuchu połączone są ze sobą wiązaniami fosfodiestrowymi (3′-5′-fosfodiestrowymi). Reszta fosforanowa przyłączona do węgla 5′ deoksyrybozy jednego nukleotydu łączy się z węglem 3′ deoksyrybozy drugiego nukleotydu. W łańcuchu DNA prawie wszystkie grupy 3′- i 5′-hydroksylowe uczestniczą w tworzeniu wiązań fosfodiestrowych. Wyjątkiem są grupy położone na początku i końcu łańcucha: reszta fosforanowa przy końcu 5′ w pierwszym nukleotydzie nie jest związana z innym, a ostatni

nukleotyd w łańcuchu ma wolną grupę 3′-hydroksylową w deoksyrybozie. Stąd każdy łańcuch DNA wykazuje polarność budowy. Przyjęto, że sekwencję zasad zapisuje się w kierunku od końca 5′ łańcucha DNA do końca 3′, czyli w kierunku 5′ → 3′.



W polinukleotydach podjednostki nukleotydowe są połączone w nici DNA wiązaniami fosfodiestrowymi.
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Druga połowa XIX w. przyniosła odkrycie substancji zawartej w jądrze komórkowym, którą właśnie od miejsca występowania nazwano kwasem nukleinowym (gr. *nukleus* – jądro komórkowe). W 1879 r. niemiecki anatom i lekarz **Walter Fleming** odkrył istnienie chromatyny i opisał po raz pierwszy podział jądra komórkowego, obserwując w jego trakcie wybarwiane przez siebie chromosomy.

W latach 50. XX w. **Maurice Wilkins** oraz **Rosalind Franklin** analizowali strukturę DNA przy pomocy dyfrakcji promieni rentgenowskich (techniki służącej do określania trójwymiarowej struktury atomowej cząsteczek). W 1952 r. wykazali, że grupy fosforanowe są położone na zewnątrz cząsteczki DNA. Wykonane przez nich rentgenogramy znacząco przyczyniły się do ustalenia przez **Jamesa Watsona** i **Francisa Cricka**, że DNA ma strukturę podwójnej helisy.

Opierając się na badaniach Wilkinsa i Franklin, Watson i Crick tworzyli kartonowe modele cząsteczki DNA – traktowane przez środowisko naukowe nie do końca poważnie. Pierwszy zaproponowany przez nich w 1952 r. model cząsteczki DNA, mający kształt trzech przecinających się spiral, okazał się fiaskiem. Nie zraziło to jednak badaczy.

Rok 1954 przyniósł sukces. Watson i Crick opublikowali potwierdzony badaniami model struktury DNA – podwójnej helisy. Został on doceniony w świecie nauki i po ośmiu latach, w 1962 r., Watson, Crick i Wilkins otrzymali za odkrycie struktury DNA i opisanie jego funkcji nagrodę Nobla. Rozpoczęła się era genetyki molekularnej.

Cząsteczka DNA zbudowana jest z dwóch łańcuchów polinukleotydowych skręconych helikalnie (śrubowo) wokół wspólnej osi, nazywanych także nićmi DNA. Strukturę tę nazywa się podwójną helisą. Utrzymywana jest ona dzięki licznym wiązaniom wodorowym łączącym zasady azotowe obu łańcuchów. W strukturze podwójnej helisy DNA zasady azotowe skierowane są do jej wnętrza, natomiast łańcuch cukrowo-fosforanowy znajduje się na zewnątrz.

Zarówno budowa zasad, jak i ich wzajemne ułożenie w obu łańcuchach budujących cząsteczkę DNA umożliwiają tworzenie się pomiędzy określonymi zasadami wiązań wodorowych. W cząsteczce DNA powstają one pomiędzy:

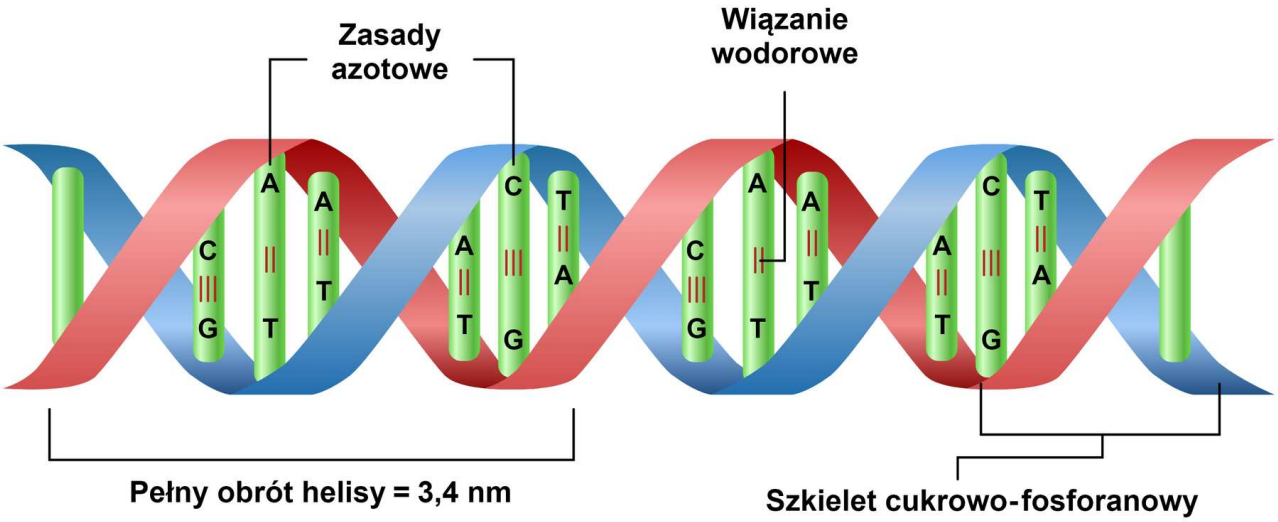
- adeniną i tyminą – podwójne wiązanie wodorowe;
- cytozyną i guaniną – potrójne wiązanie wodorowe.

W 1959 r. Erwin Chargaff stwierdził, że stosunki ilościowe guaniny do cytozyny oraz adeniny do tyminy są prawie takie same dla DNA wszystkich badanych gatunków, zaś stosunek adeniny do guaniny znacząco się waha. Zależność ta jest znana jako **reguła (zasada) Chargaffa**, a jej odkrycie pozwoliło później określić regułę komplementarności zasad azotowych, według której w cząsteczce DNA adenina łączy się z tyminą, a cytozyna z guaniną.

W poniższej tabeli przedstawiono skład zasad wyznaczony doświadczalnie dla danych organizmów.

Gatunek	A:T	G:C	A:G
Człowiek	1,00	1,00	1,56
Łosoś	1,02	1,02	1,43
Pszenica	1,00	0,97	1,22
Drożdże	1,09	1,02	1,67
Pałeczka okrężnicy (*Escherichia coli*)	1,09	0,99	1,05
Pałeczka krwawa (*Serratia marcescens*)	0,95	0,86	0,70

Na podstawie: Berg Jeremy M. i in., tłum. Zofia Szweykowska-Kulińska, Artur Jarmołowski, Warszawa 2021, Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 115.



Tworzenie wiązań wodorowych pomiędzy zasadami azotowymi wchodzącymi w skład nici DNA.
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., Pixabay, licencja: CC BY-SA 3.0.

Reguła komplementarności zasad azotowych sprawia, że oba łańcuchy polinukleotydowe są względem siebie komplementarne, czyli sekwencja nukleotydów jednej nici wyznacza kolejność nukleotydów drugiej nici. Łańcuchy tworzące cząsteczkę DNA są antyrównoległe, co oznacza, że biegną w przeciwnych kierunkach. Antyrównoległość łańcuchów DNA została omówiona w e-materiale pt. *Struktura przestrzenna DNA i RNA*.

Ciekawostka

Występujący w komórkach organizmów DNA jest w większości prawoskrętny. Na jeden skręt helisy przypada 10 par nukleotydów.

Funkcje DNA

DNA jest nośnikiem informacji genetycznej. Zakodowane są w nim informacje o liczbie, rodzaju i kolejności aminokwasów budujących białka. Białka natomiast pełnią zarówno funkcje strukturalne, jak i regulujące procesy zachodzące w komórkach (białka enzymatyczne) oraz na poziomie całego organizmu (trawienie, obrona organizmu przed patogenami). Rodzaje białek i ich funkcje zależą od rodzaju, liczby i kolejności nukleotydów w DNA.

Słownik

antyrównoległość

sposób ułożenia łańcuchów (nici) w DNA polegający na tym, że koniec 3′ jednego łańcucha DNA znajduje się na tej samej wysokości, co koniec 5′ drugiego łańcucha
deoksyryboza

pięciowęglowy cukier; składnik nukleotydów DNA
DNA

kwas deoksyrybonukleinowy; wielkocząsteczkowy biopolimer obecny we wszystkich komórkach organizmów; materialny nośnik informacji genetycznej
łańcuch polinukleotydowy

wiele nukleotydów połączonych ze sobą wiązaniami fosfodiestrowymi
nukleotyd

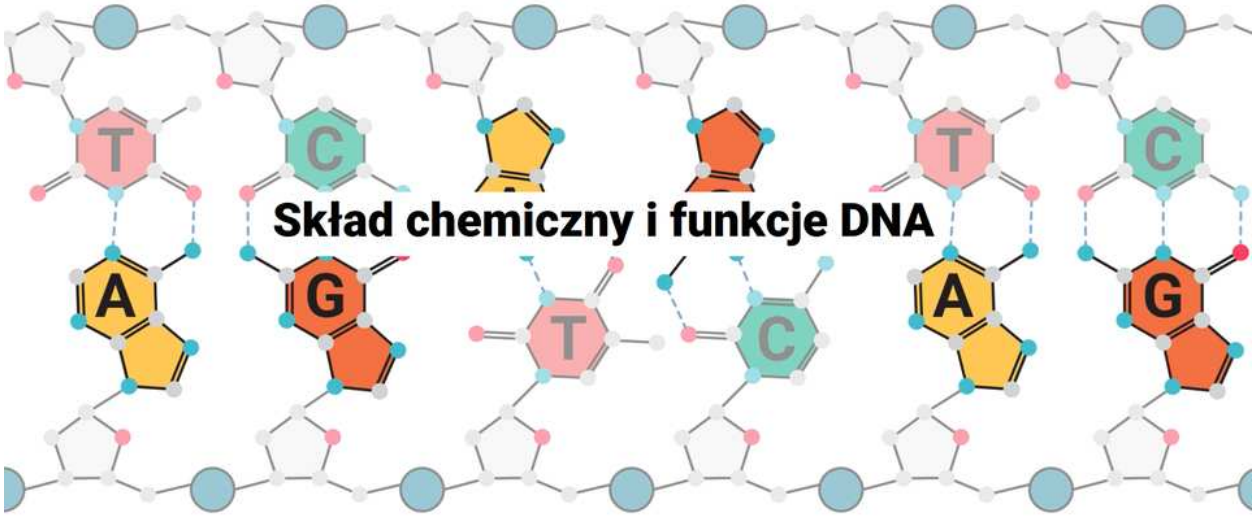
podstawowa jednostka budowy (monomer) kwasów nukleinowych; pochodna nukleozydu, w której grupa hydroksylowa (–OH) części cukrowej jest połączona z cząsteczką kwasu fosforowego wiązaniem estrowym
nukleozyd

związek organiczny zbudowany z zasady azotowej połączonej wiązaniem *N*-glikozydowym z pentozą
podwójna helisa

struktura cząsteczki DNA; dwie nici polinukleotydowe skręcone wokół wspólnej osi, stabilizowane przez wiązania wodorowe
reguła komplementarności zasad

reguła mówiąca o tym, że pary zasad łączą się ze sobą w określony sposób: cytozyna (C) łączy się tylko z guaniną (G), adenina (A) w DNA łączy się z tyminą (T), natomiast w dwuniciowych fragmentach RNA adenina (A) łączy się z uracylem (U)

Animacja



Film dostępny pod adresem /preview/resource/RNXkwRxLGkVjh

Skład chemiczny i funkcje DNA.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film pod tytułem: „Skład chemiczny i funkcje DNA."

Polecenie 1

Obejrzyj film, a następnie opisz budowę nukleotydu.

Polecenie 2

Wyjaśnij, w jaki sposób zasady azotowe łączą się między sobą.

Polecenie 3

Narysuj schemat budowy cząsteczki DNA i zaznacz wszystkie rodzaje wiązań występujących w tym kwasie nukleinowym.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Przyporządkuj zasady azotowe do odpowiedniej grupy.

Zasady purynowe

Zasady pirymidynowe

Guanina | Cytozyna | Tymina | Adenina

Ćwiczenie 2

Wyjaśnij różnicę między nukleozydem a nukleotydem.

Ćwiczenie 3

Dopasuj przedstawione opisy do odpowiednich wiązań występujących w DNA.

Wiązanie estrowe	łączy pentozę z resztą fosforanową.
Wiązanie wodorowe	łączy ze sobą zasady azotowe.
Wiązanie *N*-glikozydowe	łączy pentozę z zasadą azotową.

Ćwiczenie 4

Wskaż poprawną informację dotyczącą guaniny i cytozyny.

- Łączą się wiązaniem potrójnym.
- Występują tylko w RNA.
- Obie są zasadami pirymidynowymi.
- Łączą się wiązaniem podwójnym.
- Występują tylko w DNA.
- Obie są zasadami purynowymi.

Ćwiczenie 5

Oceń prawdziwość zdań dotyczących DNA.

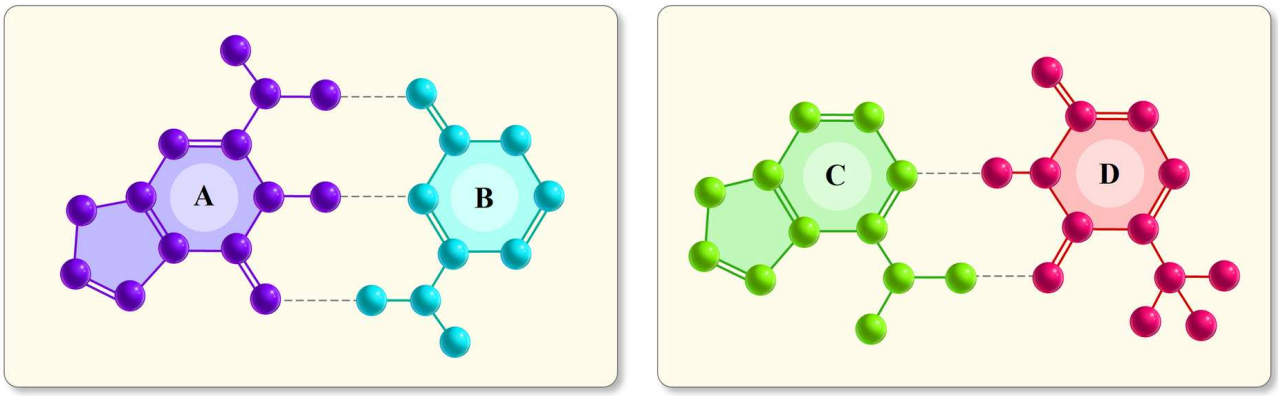
	Prawda	Fałsz
Kolejność nukleotydów w jednej nici dokładnie wyznacza kolejność nukleotydów w drugiej nici.		
Tymina łączy się z cytozyną za pomocą potrójnego wiązania wodorowego.		
Kwas deoksyrybonukleinowy zbudowany jest z helikalnie skręconych łańcuchów polinukleotydowych.		

Ćwiczenie 6

Zawartość procentowa adeniny (A) na danym odcinku DNA wynosi 34%. Jaka jest zawartość pozostałych nukleotydów?

- 34% T, 16% C, 16% G
- 34% T, 16% C, 34% G
- 16% T, 34% C, 16% G
- 16% T, 16% C, 34% G

Ćwiczenie 7



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Przeanalizuj powyższą grafikę i przypisz literom A, B, C, D nazwy zasad azotowych (adenina, tymina, guanina, cytozyna). Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8

Zapoznaj się z poniższym tekstem, a następnie odpowiedz na zamieszczone pod nim pytanie.

„Pierwsze badania wykazały, że kwasy nukleinowe zawierają dwie zasady purynowe i dwie pirymidynowe w przybliżeniu w równomolarnych proporcjach. Przez wiele lat uważano, że kwasy nukleinowe są małymi cząsteczkami, składającymi się z jednego powtórzenia każdego nukleotydu, tworząc tetranukleotyd. Hipoteza tetranukleotydu, sformułowana w 1931 roku, stała się impulsem dla podjęcia systematycznych badań nad składem zasad w DNA przez Erwina Chargaffa”.

Źródło: Gabryelska M., Szymański M., *DNA – cząsteczka, która zmieniła naukę. Krótka historia odkryć*, „Nauka” 2009, nr 2, s. 111–134.

Czy badania Erwina Chargaffa potwierdziły hipotezę tetranukleotydu sformułowaną w 1931 r.? Odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Autor: Daria Reczyńska, Sylwia Brawata

Przedmiot: biologia

Temat: Skład chemiczny i funkcje DNA

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Chemizm życia.

2. Składniki organiczne. Uczeń:

4) porównuje skład chemiczny i strukturę cząsteczek DNA i RNA, z uwzględnieniem rodzajów wiązań występujących w tych cząsteczkach; określa znaczenie biologiczne kwasów nukleinowych.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Chemizm życia.

2. Składniki organiczne. Uczeń:

4) porównuje skład chemiczny i strukturę cząsteczek DNA i RNA, z uwzględnieniem rodzajów wiązań występujących w tych cząsteczkach; określa znaczenie biologiczne kwasów nukleinowych.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje cyfrowe.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Omówisz budowę DNA.
- Wskażesz różne wiązania występujące w DNA.
- Wyjaśnisz rolę DNA jako nośnika informacji genetycznej.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- burza mózgów;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z animacją;
- analiza tekstu źródłowego;
- gra dydaktyczna.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z „Wprowadzeniem” oraz tekstem zamieszczonym w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel prosi wybraną osobę, aby odniosła się do wiedzy zdobytej na wcześniejszych zajęciach i omówiła podział białek ze względu na ich funkcje.
2. Nauczyciel inicjuje burzę mózgów, zadając pytanie: „Dlaczego produkcja odpowiednich białek jest ważna dla prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka?”.

3. Nauczyciel podsumowuje burzę mózgów oraz wprowadza uczniów w temat lekcji, mówiąc, że białka odpowiadają za procesy zachodzące zarówno w komórkach, jak i na poziomie całego organizmu. Informacja o ich strukturze zapisana jest w DNA.
4. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.

Faza realizacyjna:

1. Wybrani lub chętni uczniowie omawiają różne wiązania występujące w DNA. Wyjaśniają, w jaki sposób tworzą się wiązania wodorowe między zasadami azotowymi.
2. Aby uporządkować zdobytą wiedzę, uczniowie wykonują ćwiczenia od 1 do 4.
3. Nauczyciel wyświetla animację pt. „Skład chemiczny i funkcje DNA". Uczniowie samodzielnie wykonują polecenie nr 3 („Narysuj schemat budowy cząsteczki DNA i zaznacz wszystkie rodzaje wiązań występujących w tym kwasie nukleinowym"). Chętni prezentują swoje schematy, nauczyciel je weryfikuje.
4. Uczniowie dzielą się na zespoły i na podstawie informacji zawartych w sekcjach „Przeczytaj" oraz „Animacja" układają pytania quizowe dla innych grup. Nauczyciel wraz z uczniami określa zasady rywalizacji i punktowania dobrych odpowiedzi (np. gra na czas lub na liczbę poprawnych odpowiedzi). Przeprowadzenie gry w klasie. Nauczyciel lub wybrany uczeń dba o prawidłowy przebieg quizu zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami. Nauczyciel ogłasza zwycięską drużynę.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują w parach ćwiczenie nr 8 (analizują tekst dotyczący badań nad budową DNA i teorii tetranukleotydu). Następnie porównują swoje rozwiązania z inną parą. Wybrane zespoły przedstawiają odpowiedź na forum klasy.
2. Nauczyciel zadaje pytania podsumowujące:

- Jaki cukier jest składnikiem nukleotydu DNA?
- Co oznacza termin „nośnik informacji genetycznej"?
- Jakie wiązanie łączy ze sobą nukleotydy, tworząc nić DNA czyli łańcuch polinukleotydowy?

Praca domowa:

- Przeprowadź izolację DNA z kiwi lub cebuli zgodnie z otrzymaną instrukcją (zob. materiały pomocnicze). Zapisz swoje obserwacje i wnioski.
- Wykonaj ćwiczenia od 5 do 7 w sekcji „Sprawdź się".

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., *Biologia Campbella*, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.

Załącznik 1. Instrukcja przeprowadzenia izolacji DNA (praca domowa).
Plik o rozmiarze 297.02 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania animacji:

Nauczyciel może wykorzystać animację także na innych lekcjach traktujących o DNA (np. o jego strukturze przestrzennej, modelach replikacji, zmianach ilości DNA w cyklu komórkowym) w celu przypomnienia najważniejszych informacji o składzie chemicznym i funkcjach tego kwasu nukleinowego.