

## Wykrywanie substancji mineralnych w kościach

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium \(WL-I\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Wykrywanie substancji mineralnych w kościach

Osteoporoza to cywilizacyjna choroba szkieletu, polegająca na patologicznym zmniejszeniu masy kości. Prowadzi do ich zwiększonej łamliwości.

Źródło: [www.scientificanimations.com](http://www.scientificanimations.com), Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

Kości chronią narządy wewnętrzne i wraz z mięśniami szkieletowymi tworzą aparat ruchu, który umożliwia zarówno utrzymanie postawy, jak i przemieszczanie się. Ponadto kości zawierają szpik kostny – uczestniczący w produkcji krwi – oraz są głównym magazynem jonów wapniowych i fosforanowych. Specyficzna budowa kości gwarantuje ich dużą wytrzymałość przy zachowaniu relatywnie niedużej masy. Często spotykaną chorobą kości jest osteoporoza, która skutkuje osłabieniem struktury kości, co objawia się ich zwiększoną łamliwością.

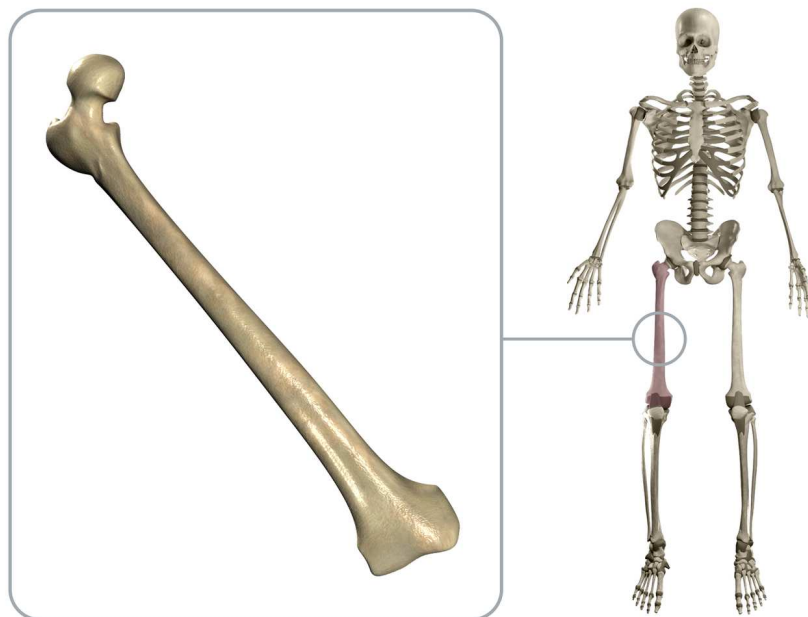
### Twoje cele

- Omówisz czynniki sprzyjające wystąpieniu osteoporozy.
- Opiszysz, na czym polega badanie densytometryczne, oraz nauczysz się interpretować jego wynik.
- Wyjaśnisz, jakie substancje odpowiadają za sztywność kości, i dowiesz się, w jaki sposób można to sprawdzić.

# Przeczytaj

---

Kości długie mają charakterystycznie zorganizowaną budowę: ich trzony wypełnione są tkanką kostną zbitą (o dużej sztywności), a nasady tworzy tkanka kostna gąbczasta. Druga z wymienionych tkanek ma ażurową budowę, która minimalizuje naprężenia powstające chociażby przy bieganiu lub skakaniu. U ludzi, ze względu na pionową postawę ciała, kości kończyn dolnych przyjmują największy ciężar. Jeśli w procesie chorobowym dojdzie do degradacji struktury kości, te będą się łamać, uniemożliwiając poruszanie się. Dlatego tak istotna jest wiedza na temat chorób kości oraz ich poprawnej diagnostyki, która pozwala na wykrycie nieprawidłowości i wdrożenie szybkiego leczenia.



Przykładem kości długiej jest kość udowa – najdłuższa i najcięższa kość długa.

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

## Dla zainteresowanych

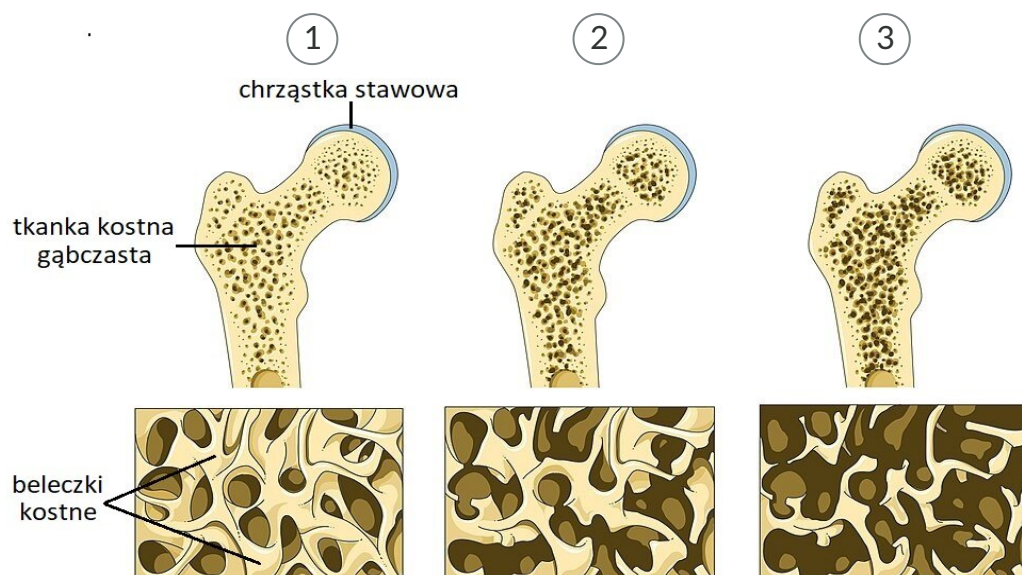
Więcej informacji na temat budowy kości znajdziesz w materiale: [Budowa i rodzaje kości](#).

# Osteoporoza

Jedną z najczęściej spotykanych chorób kości jest osteoporoza. Jest to stan chorobowy charakteryzujący się postępującym zmniejszeniem gęstości kości (masy kostnej) i stopniowo rosnącą podatnością na złamania. Zmiany w strukturze kości podczas rozwoju osteoporozy są spowodowane wzmożoną aktywnością [osteoklastów](#) przy niskiej aktywności [osteoblastów](#).

Osteoporoza występuje zwykle po 35. roku życia. Po tym czasie masa kostna zaczyna się zmniejszać – przyczyną jest spadek tempa procesu kościotwórczego. Jeśli spadek gęstości kości przebiega normalnie, nie jest powodem do obaw. Jednakże u kobiet zwykle proces ten przyspiesza po [menopauzie](#). Po 50. roku życia osteoporoza występuje średnio u co ósmego mężczyzny i aż u co trzeciej kobiety.

Do czynników sprzyjających powstaniu osteoporozy należą: uwarunkowania genetyczne, mała aktywność fizyczna, niedobór wapnia i witaminy D<sub>3</sub>, palenie papierosów i nadużywanie alkoholu, niedobór hormonów płciowych (estrogenów lub testosteronu), cukrzyca czy kamica nerkowa. Osteoporoza początkowo przebiega bezobjawowo. Pierwsze symptomy choroby pojawiają się w momencie, gdy mikrostruktura kości ulega degradacji – zmniejsza się ich gęstość w wyniku wypłukiwania substancji mineralnych zawierających wapń, magnez i fosfor. Do stopniowo następujących objawów choroby należą: bóle kości długich (zwłaszcza pod obciążeniem) oraz złamania kości w wyniku niewielkich urazów.



1

Prawidłowe utkanie tkanki kostnej

2

Osteopenia

3

Osteoporoza

Charakterystyczne dla osteoporozy postępujące osłabienie struktury przestrzennej kości. Stan zmniejszonej gęstości kości, który jeszcze nie osiągnął wartości patologicznych, nazywamy osteopenią.

Źródło: Laboratoires Servier, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

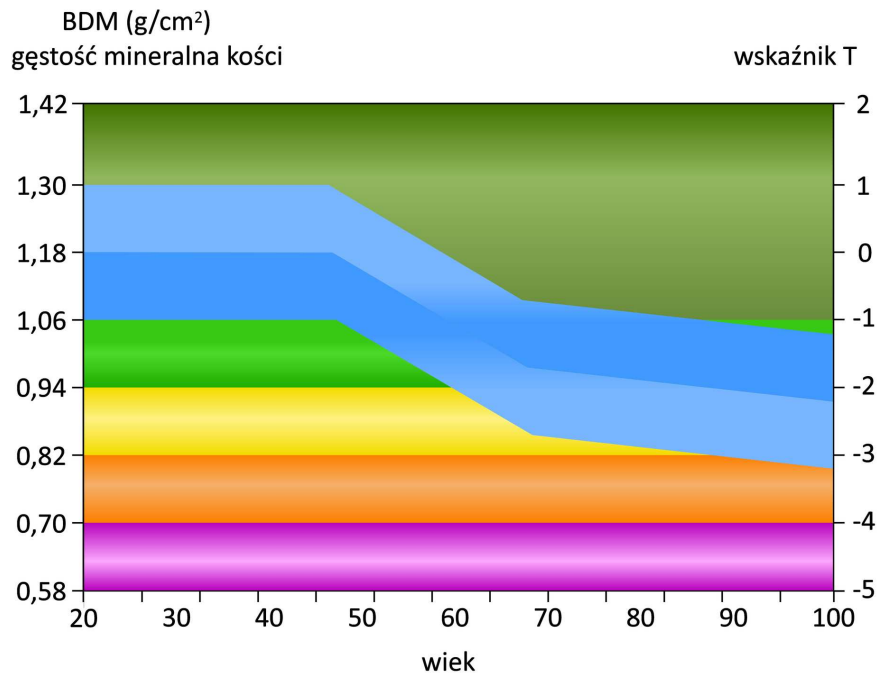
**Diagnostyka chorób układu kostnego**

Gdy objawy osteoporozy są wyraźne, oznacza to, że choroba jest już w zaawansowanym stadium, które pozwala na leczenie jedynie w ograniczonym zakresie. Leczenie to polega głównie na uzupełnieniu diety o wapń i witaminę D<sub>3</sub> oraz inne substancje odżywcze – zależnie od zaawansowania choroby.

Osteoporozę można jednak leczyć dużo skuteczniej przed wystąpieniem objawów chorobowych. Badanie densytometryczne kości umożliwia wykrycie choroby we wczesnym stadium.

Densytometria jest nieinwazyjnym badaniem pozwalającym na obrazowanie gęstości kości. Może być ono wykonane przy użyciu [metody ultrasonograficznej \(USG\)](#), [tomografii komputerowej](#) lub [rentgenowskiej](#).

Najczęściej stosowaną jest ostatnia z metod, w której kości prześwietla się za pomocą promieni rentgenowskich o małym natężeniu. Bogate w wapń kości mają dużą gęstość i obficie pochłaniają promieniowanie. Po wykonaniu badania jego wynik porównuje się z wartościami normalnymi gęstości kości dla danego wieku pacjenta. Dla wygody gęstość kości przedstawia się na wykresie w postaci wskaźnika T, którego wartość wynosi zero (wartość normalna) dla młodego 30. letniego mężczyzny. Wartości dodatnie wskaźnika T uzyskanego w badaniu sugerują zwiększoną gęstość kości (np. przy nadmiernym zwapnieniu kości). Jego ujemne wartości z kolei wskazują na zmniejszoną gęstość kości. Jeśli wartość wskaźnika T znajduje się w zakresie od -1 do -2,5, stwierdza się stan obniżonej gęstości kości (osteopenia), który może rozwinąć się w osteoporozę – wskaźnik T mniejszy niż -2,5.



Przykładowy wynik badania densytometrycznego u 27-latka. Wskaźnik T określa prawidłową gęstość mineralną kości. Zakresy kolorystyczne zależą od wieku osoby badanej. Kolor niebieski pokazuje wynik optymalny dla danego wieku.

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



Jedną z metod badania gęstości kości – ultrasonografia.

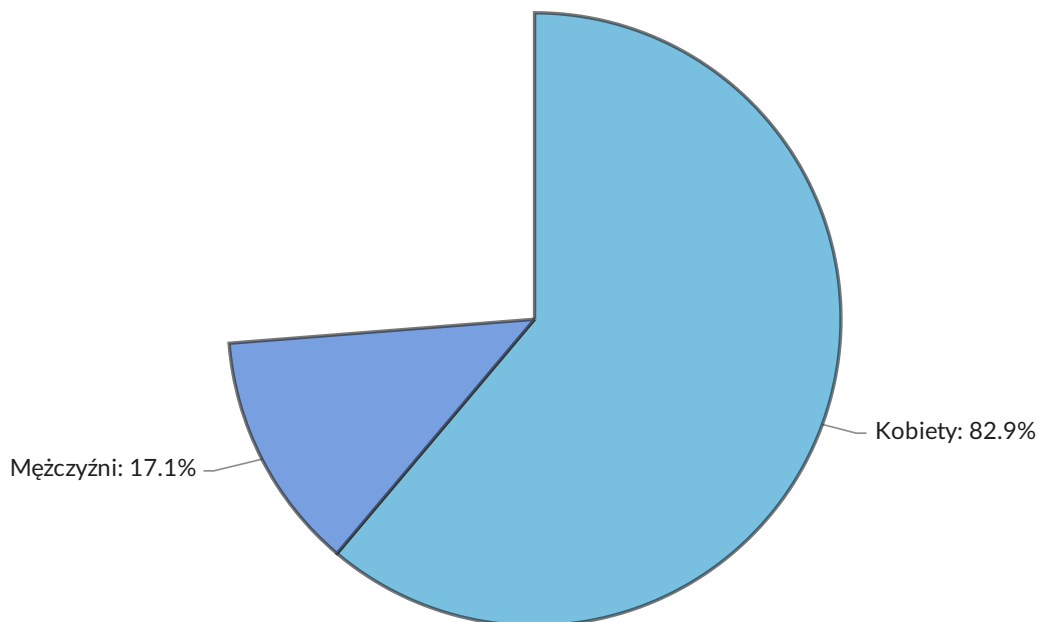
Źródło: Wikimedia Commons, licencja: CC BY 3.0.

# Profilaktyka osteoporozy

Osoby znajdujące się w grupie ryzyka powinny corocznie wykonywać badania densytometryczne. Do osób tych należą w szczególności pacjenci cierpiący na choroby tarczycy lub przytarczyc, pacjenci z historią wystąpienia osteoporozy w najbliższej rodzinie oraz osoby po 50. roku życia. W przypadku kobiet badania profilaktyczne zaleca się wykonywać wcześniej. Wykrycie choroby w niezaawansowanym stadium umożliwia szybkie wdrożenie leczenia, które na wczesnym etapie choroby jest bardziej skuteczne.

Liczba złamań osteoporotycznych w 2010 roku według płci (Polska).

Źródło: Europejska Fundacja Osteoporozy i Chorób Mięśniowo-Szkieletowych, Polskie Towarzystwo Ortopedyczne i Traumatologiczne.




Osoby młodsze, aby zapobiec wystąpieniu osteoporozy w późniejszym wieku, powinny zadbać o dietę bogatą w wapń, który jest niezbędny w procesie tworzenia


kości. Największe zapotrzebowanie na wapń mają osoby w podeszłym wieku oraz matki karmiące piersią. Ważnym czynnikiem jest również dostępność witaminy D<sub>3</sub>, która wspomaga wchłanianie soli mineralnych ze spożywanych pokarmów. Jej synteza zachodzi co prawda endogennie, ale jedynie w obecności promieniowania UV, którego najlepszym źródłem jest światło słoneczne. Dlatego w okresie zimowym zaleca się uzupełnianie niedoborów witaminy D przez zewnętrzną suplementację. Regularna aktywność fizyczna oraz niepalenie papierosów i unikanie nadmiernego spożycia alkoholu również przyczyniają się do zmniejszenia ryzyka wystąpienia osteoporozy w późniejszym wieku.

Uśredniony poziom witaminy D<sub>3</sub> w osoczu dorosłych (wybrane kraje).

Źródło: *Archives of Osteoporosis*.

Legenda

 37 nmol/l

 62 nmol/l

75 nmol/l

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

## Słownik

istota gąbczasta kości

tkanka kostna, z której zbudowane są nasady kości długich oraz wnętrza kości płaskich i krótkich

### **istota zbita kości**

tkanka kostna budująca zewnętrzne warstwy wszystkich kości oraz trzony kości długich

### **menopauza (przekwitanie)**

fizjologiczne zatrzymanie cyklu menstruacyjnego wynikające ze spadku produkcji hormonów (estrogenów) przez jajniki; występuje u kobiet w wieku od 45 do 55 lat

### **osteoblasty**

(gr. *ostéon* – kość; *blástos* – kiełek) komórki kościotwórcze; rodzaj komórek tworzących tkankę kostną i mających zdolność resorpcji tkanki kostnej

### **osteocyty**

(gr. *ostéon* – kość; *kýtos* – komórka) komórki kostne; rodzaj komórek budujących tkankę kostną

### **osteoklasty**

(gr. *ostéon* – kość; *klásis* – złamanie) komórki kościogubne; rodzaj komórek występujących w tkance kostnej, mających zdolność resorpcji tkanki kostnej

### **osteopenia**

(gr. *ostéon* – kość; *penía* – ubóstwo) ubytek masy kostnej określonej gęstością kości

### **promieniowanie rentgenowskie (promieniowanie X)**

rodzaj promieniowania elektromagnetycznego stosowany w medycynie do obrazowania m.in. układu kostnego

## **tomografia komputerowa**

radiologiczna metoda diagnostyczna wykorzystująca promienie rentgenowskie; stosowana w medycynie; pozwala na uzyskanie obrazów tomograficznych (przekrojów) narządów

## **ultrasonografia (USG)**

nieinwazyjna technika stosowania ultradźwięków w medycynie, dzięki czemu możliwe jest m.in. uzyskanie obrazu narządów i ich wewnętrznej struktury

# Wirtualne laboratorium (WL-I)

---

## **Laboratorium 1**

Przeprowadź doświadczenie w laboratorium. Rozwiąż problem badawczy i zweryfikuj hipotezę. W formularzu zapisz swoje obserwacje, a następnie sformułuj wnioski.

**Temat:** Wykrywanie substancji mineralnych w kościach

**Problem badawczy:**

Jak umieszczenie kości w occie wpływa na jej właściwości?

**Hipoteza:**

Umieszczenie kości w occie wpłynie na jej właściwości fizyczne.

**Sprzęt laboratoryjny:**

- zlewka/stoik.

**Materiały:**

- kość kurczaka;
- ocet.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DM8y9meax>

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

**Analiza doświadczenia:** *Wykrywanie substancji mineralnych w kościach.*

---

**Problem badawczy:** Jakie związki nadają kościom sztywność?

---

**Hipoteza:** Sztywność kościom nadają sole mineralne.

---

**Obserwacje:**




**Wnioski:**

## Polecenie 1

Wyjaśnij, jaki proces spowodował osłabienie kości w ciągu dwóch tygodni eksperymentu.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



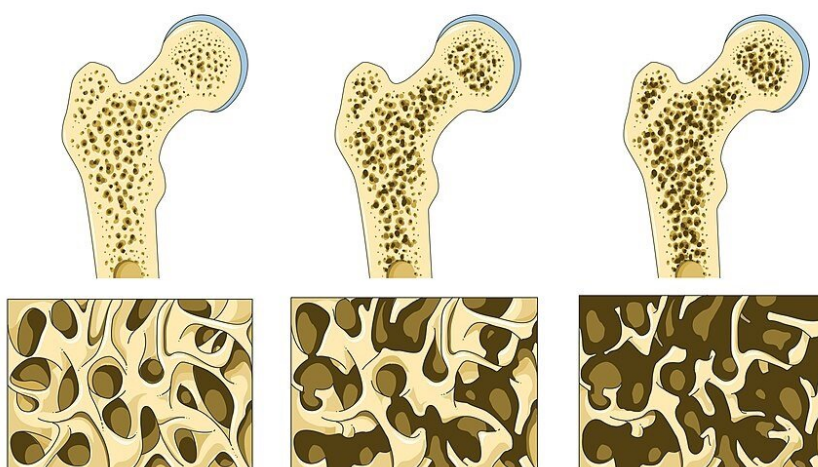
Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Schemat przedstawia zmiany struktury kości w przebiegu osteoporozy, na przykładzie części bliższej kości udowej.

Źródło: Laboratoires Servier, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



## Ćwiczenie 7



Tabela. Występowanie osteoporozy wśród osób po 50. roku życia w Szwecji wg grup wiekowych i płci.

Grupa wiekowa	Odsetek populacji mężczyzn (%)	Odsetek populacji kobiet (%)
50-54	2,5	6,3
55-59	3,5	9,6
60-64	5,8	14,3
65-69	7,4	20,2
70-74	7,8	27,9
75-79	10,3	37,5
80-84	16,6	47,2

Źródło:

[https://zdrowedane.nfz.gov.pl/pluginfile.php/211/mod\\_resource/content/6/1911\\_nfz\\_o\\_zdrowiu\\_osteoporoza.pdf](https://zdrowedane.nfz.gov.pl/pluginfile.php/211/mod_resource/content/6/1911_nfz_o_zdrowiu_osteoporoza.pdf)

## Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Zuzanna Szewczyk

**Przedmiot:** biologia

**Temat: Wykrywanie substancji mineralnych w kościach**

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

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

8. Poruszanie się. Uczeń:

1) rozpoznaje rodzaje kości ze względu na ich kształt (długie, krótkie, płaskie, różnokształtne);

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

7) Poruszanie się. Uczeń:

k) rozpoznaje rodzaje kości ze względu na ich kształt (długie, krótkie, płaskie, różnokształtne),

### **Kształtowane kompetencje kluczowe:**

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

### **Cele operacyjne (językiem ucznia):**

- Omówisz czynniki sprzyjające wystąpieniu osteoporozy.
- Opiszysz, na czym polega badanie densytometryczne, oraz nauczysz się interpretować jego wynik.
- Wyjaśnisz, jakie substancje odpowiadają za sztywność kości, i dowiesz się, w jaki sposób można to sprawdzić.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

### **Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- dyskusja;
- ćwiczenia interaktywne;
- obserwacja;
- ćwiczenia laboratoryjne.

### **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- 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.

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel prosi o przypomnienie budowy kości, zwracając uwagę na związki nadające kościom sztywność. Pyta uczniów, czy wiedzą, czym skutkuje wypłukiwanie z kości tych związków. Chętni uczniowie się wypowiadają.
2. Uczniowie indywidualnie zapoznają się z wprowadzeniem do e-materiału *Wykrywanie substancji mineralnych w kościach*. Konfrontują z nim swoje odpowiedzi.
3. Nauczyciel omawia cele zajęć, a następnie wspólnie z uczniami ustala kryteria sukcesu.

#### **Faza realizacyjna:**

1. Uczniowie indywidualnie zapoznają się z tekstem w sekcji „Przeczytaj”.
2. Uczniowie przeprowadzają doświadczenie w wirtualnym laboratorium. Zapisują swoje obserwacje, formułują wnioski i weryfikują hipotezę. Wybrane osoby prezentują wyniki swojej pracy, nauczyciel koryguje ewentualne błędy.
3. Nauczyciel dzieli klasę na czteroosobowe grupy. Uczniowie opracowują program profilaktyki osteoporozy. Nauczyciel monitoruje pracę uczniów i udziela wskazówek, jeśli zachodzi taka potrzeba. Uczniowie mogą wyszukać potrzebne

informacje w źródłach wiedzy naukowej. Po wykonaniu zadania grupy przedstawiają swoje pomysły na forum klasy.

4. Uczniowie w czteroosobowych grupach wykonują – na podstawie informacji zawartych w e-materiale – ćwiczenie nr 5 (w którym uczniowie mają za zadanie przyporządkować do odpowiednich funkcji składowe kości) oraz ćwiczenie nr 7 (polegające na sformułowaniu wniosku na podstawie przedstawionych danych dotyczących występowania osteoporozy), a po upływie wyznaczonego czasu dyskutują nad poprawnymi rozwiązaniami.

### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie wykonują ćwiczenie nr 4, w którym mają za zadanie uzupełnić tekst na temat osteoporozy na podstawie schematów.
2. Nauczyciel dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji oraz wyjaśnia wątpliwości uczniów.

### **Praca domowa:**

1. Przeprowadź w domu doświadczenie wykonane w wirtualnym laboratorium.
2. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 3 z sekcji „Sprawdź się”.

### **Materiały pomocnicze:**

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania wirtualnego laboratorium:**

- Wirtualne laboratorium może być wykorzystane także na lekcji *Choroby przewlekłe i zapalne układu szkieletowego człowieka*.