

## Etapy i przebieg zapłodnienia u człowieka

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Etapy i przebieg zapłodnienia u człowieka

Zapłodnienie to połączenie gamety żeńskiej i męskiej w jedną komórkę – zygotę.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Gameta żeńska – komórka jajowa – to największa komórka w organizmie człowieka. Ma wielkość ziarenka piasku, więc widać ją gołym okiem. Gdy dojrzeje, jej zapłodnienie jest możliwe jedynie przez 24 godziny. Wówczas, za sprawą progesteronu, komórka jajowa przyciąga do siebie gamety męskie – plemniki.

### Twoje cele

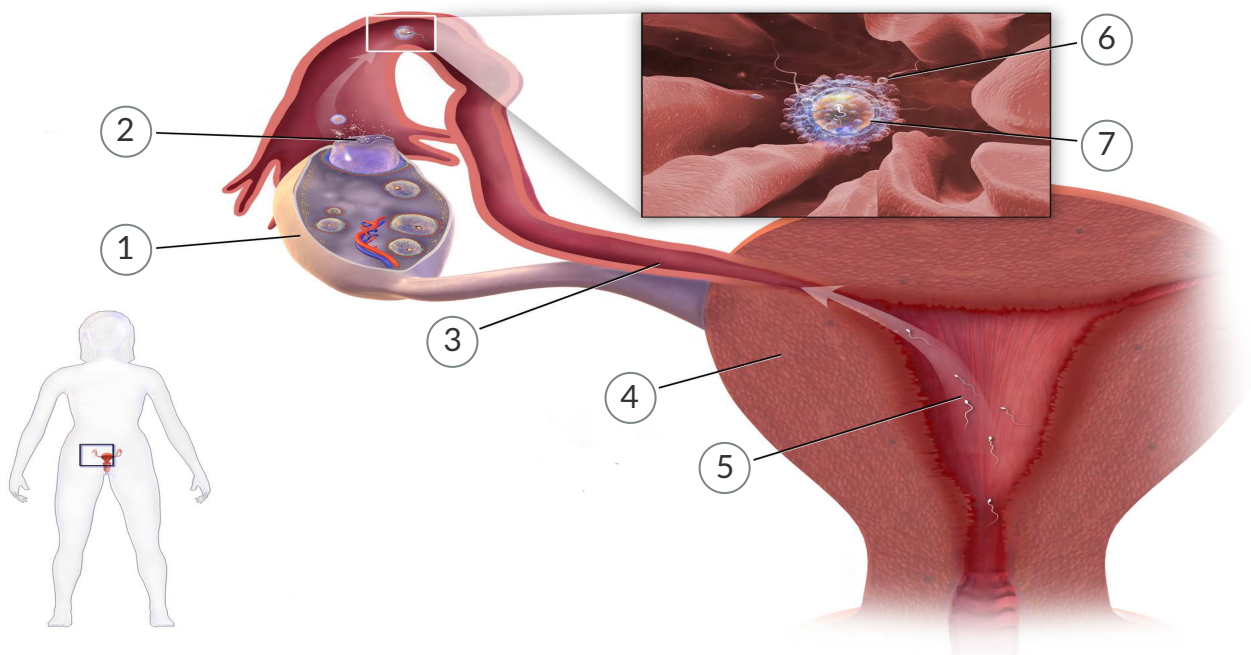
- Omówisz etapy zapłodnienia u człowieka.
- Przyporzadkujesz poszczególne etapy zapłodnienia do miejsc w żeńskim układzie rozrodczym, w których zachodzą.
- Wymienisz reakcje zapewniające zapłodnienie komórki jajowej człowieka przez tylko jeden plemnik.

# Przeczytaj

---

Podczas aktu płciowego do pochwy zostaje wprowadzone nasienie. Zawarte w nim **plemniki** (w liczbie od 200 do 500 mln) dzięki ruchom witki i skurczom macicy przemieszczają się w kierunku jajowodu. Ich prędkość wynosi ok. 15 cm/h, więc dotarcie na miejsce zajmuje im ok. 45 min.

W czasie tej wędrówki męskie komórki rozrodcze ulegają **kapacytacji** (uzdatnianiu), czyli nabywają właściwości umożliwiające im zapłodnienie komórki jajowej.



1

---

## Jajnik

W jajniku zachodzi oogeneza – proces tworzenia i różnicowania żeńskich komórek rozrodczych.

2

---

## Owulacja

U człowieka owulacji (uwolnieniu z pęcherzyka jajnikowego) podlega oocyt II rzędu, który w procesie oogenezy powstaje podczas pierwszego podziału mejotycznego (redukcyjnego) z oocytu I rzędu i jest zatrzymany w metafazie mejozy II.

## Jajowód

Jajowód spełnia wiele funkcji. Po owulacji za pomocą strzępków jajowodów oocyt II rzędu jest przechwytywany z jajnika. Dzięki obecności urzęsionego nabłonka w jajowodzie jest następnie przesuwany w kierunku macicy, do bańki jajowodu.

W bańce jajowodu dochodzi do zapłodnienia – połączenia gamety męskiej i żeńskiej. Zapłodniona komórka przemieszcza się następnie jajowodem do macicy.

## Macica

Przed zapłodnieniem skurcze mięśni gładkich macicy wspomagają plemniki w dotarciu do jajowodów. Jeden z jajowodów jest pusty, w drugim znajduje się oocyt II rzędu po owulacji.

## Kapacytacja plemników

Plemniki, które podczas stosunku płciowego zostały wprowadzone do pochwy, są pierwotnie pokryte wydzieliną najądrzy i przewodów wyprowadzających. W macicy plemniki ulegają kapacytacji (uzdatnieniu) pod wpływem śluzu produkowanego przez szyjkę i trzon macicy. Śluz ten zawiera enzymy hydrolazy, które rozkładają glikoproteiny i glikolipidy pokrywające błonę komórkową główki plemnika.

Dzięki kapacytacji odsłonięte zostają enzymy przeprowadzające reakcję akrosomalną w pobliżu komórki jajowej. Kapacytacja wpływa korzystnie również na ruchliwość plemników.

## Plemnik – reakcja akrosomalna

Do komórki jajowej dociera kilkadziesiąt plemników. Aby doszło do zapłodnienia, muszą przeniknąć przez wieniec promienisty, a następnie osłonkę przejrzystą komórki jajowej. Do tego potrzebne jest zajście reakcji akrosomalnej – fuzji błony cytoplazmatycznej plemnika z zewnętrzną błoną akrosomu (akrosom to pęcherzyk wydzielniczy zlokalizowany w szczytowej części główki plemnika, przylegający do otoczki jądrowej i zawierający enzymy

hydrolityczne).

Reakcja akrosomalna jest katalizowana przez związanie plemnika z białkiem receptorowym osłonki przejrzystej. Podczas tej reakcji uwolnione zostają enzymy hydrolityczne: hialuronidaza, neuraminidaza, fosfataza kwaśna oraz akrozyna. Reakcja akrosomalna umożliwia transport plemnika przez macierz pozakomórkową otaczającą oocyt oraz penetrację osłonki przejrzystej, a w konsekwencji – zapłodnienie.

## 7

---

# Komórka jajowa – reakcja korowa, zapłodnienie

Po penetracji osłonki przejrzystej następuje fuzja błon plemnika i komórki jajowej.

Wniknięcie główki plemnika do cytoplazmy oocytu powoduje wzrost stężenia jonów  $Ca^{2+}$ . W rezultacie oocyt II rzędu kończy drugi podział mejotyczny. Jednocześnie dochodzi do reakcji korowej (bloku przeciwko polispermii), czyli zablokowania możliwości wniknięcia do oocytu więcej niż jednego plemnika. W czasie reakcji korowej ziarna korowe oocytu ulegają egzocytozie. Prowadzi to do uwolnienia enzymów korowych i zmiany właściwości osłonki przejrzystej, co uniemożliwia wiązanie innych plemników na jej powierzchni.

Następnie dochodzi do wytworzenia przedjądrzy żeńskich i męskich w pierwotnym oocycie oraz kondensacji chromosomów przedjądrzy. Powstaje diploidalna zygota.

Do zapłodnienia dochodzi w bańce jajowodu.

Źródło: BruceBlaus, licencja: CC BY 3.0.

Napotykając oocyt II rzędu, plemniki otaczają go ze wszystkich stron, ale tylko jeden najsilniejszy, dzięki enzymom zawartym w **akrosomie**, przedostaje się przez **wieniec promienisty** i **osłonkę przejrzystą** i wnika do cytoplazmy komórki jajowej.

Połączenie plemnika z komórką jajową nosi nazwę zapłodnienia i ma miejsce w górnej części jajowodu (bańce jajowodu). Wniknięcie główki plemnika do wnętrza **oocytu** II rzędu jest sygnałem do zakończenia drugiego podziału mejotycznego. Powstaje dojrzała komórka jajowa oraz drugie ciało kierunkowe.

Jednocześnie na powierzchni oocyty tworzy się błona zapłodnieniowa, uniemożliwiająca wnikanie innych plemników.

Powstała w wyniku zapłodnienia **zygota** zaczyna się dzielić mitotycznie i stopniowo przesuwać w jajowodzie w kierunku macicy.

## Słownik

akrosom

pęcherzyk wydzielniczy zlokalizowany w szczytowej części główki plemnika, przylegający do otoczki jądrowej; powstaje w procesie spermatogenezy z aparatu Golgiego; jego kształt jest różny w poszczególnych grupach zwierząt; zawarte w akrosomie enzymy hydrolityczne, m.in. proteazy i hialuronidazy, są uwalniane podczas kontaktu plemnika z komórką jajową i pozwalają na jego przeniknięcie przez osłony jajowe; poprzedzające zapłodnienie zmiany w obrębie główki plemnika, pozwalające na wydzielenie enzymów z akrosomu, są związane z reakcją akrosomalną

### **kapacytacja**

proces dojrzewania (nabywania zdolności do zapłodnienia) plemników w drogach rodnych samicy

### **normospermia**

nasienie o prawidłowych parametrach liczebności, żywotności, ruchliwości i budowy morfologicznej plemników oraz płynu nasiennego

### **oocyt**

stadium różnicowania się komórki jajowej; w trakcie oogenezy wzrastające oogonia przekształcają się w oocyty I rzędu; wskutek pierwszego podziału mejotycznego oocytu I rzędu powstają oocyt II rzędu i pierwsze ciało kierunkowe; u ssaków owulacji podlega oocyt II rzędu, a drugi podział mejotyczny zostaje dokończony dopiero po zapłodnieniu

### **oogeneza**

proces tworzenia i różnicowania żeńskich komórek rozrodczych – oocyt; u człowieka zachodzi w jajniku

### **osłonka przejrzysta**

bezkomórkowa warstwa zbudowana z glikoprotein otaczająca oocyt I rzędu w pęcherzyku jajnikowym ssaka, penetrowana przez liczne mikrokosmki zarówno od strony oocytu, jak i od strony położonych na zewnątrz komórek pęcherzykowych (ziarnistych); po owulacji staje się wewnętrzną osłonką jaja, a zawarte w niej glikoproteiny kilku typów odpowiedzialne są za wiązanie plemników z komórką jajową

### **owulacja**

inaczej jajczkowanie; uwolnienie oocytu II rzędu z pęcherzyka jajnikowego

### **plemnik**

męska komórka rozrodcza roślin, grzybów, zwierząt i człowieka; ruchliwa, przystosowana do zapłodnienia komórki jajowej (oocytu)

### **wieniec promienisty**

grupa komórek pęcherzykowych (folikularnych) ściśle otaczająca oocyt ssaków podczas jajczkowania, pochodząca ze wzgórnika jajonośnego dojrzałego pęcherzyka jajnikowego;

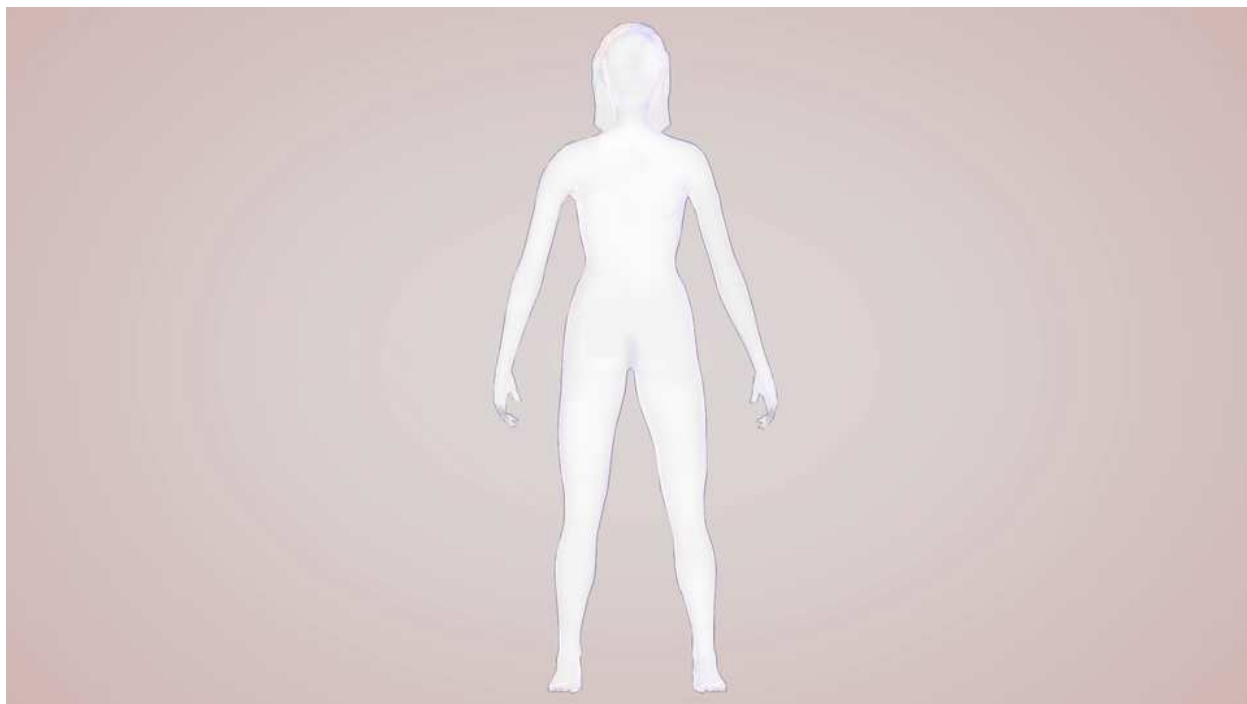
w początkowych fazach zapłodnienia pobudza ruch plemników, bierze udział w zapoczątkowaniu reakcji akrosomalnej i adhezji plemnika do osłonki przejrzystej  
**zaplemnienie**

wprowadzenie nasienia do dróg rodnych samicy stanowiące pierwszy etap zapłodnienia  
**zygota**

diploidalna komórka powstała w wyniku złączenia się ze sobą dwóch haploidalnych gamet w procesie zapłodnienia

# Animacja

---



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RuW0qhtcdAQCe>

Etapy i przebieg zapłodnienia u człowieka.

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

Film nawiązujący do treści materiału.

## Polecenie 1

Wyjaśnij, jakie cechy budowy i fizjologii żeńskiego układu rozrodczego wspomagają plemniki w dotarciu do komórki jajowej, a jakie im to utrudniają.

## Polecenie 2

Na podstawie animacji i własnej wiedzy opisz dwa procesy aktywacyjne, którym podlega plemnik przed dotarciem do komórki jajowej.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Dopasuj podane definicje do odpowiadających im haseł.

organizm w okresie od powstania zygoty do ukształtowania się zawiązków wszystkich narządów (u człowieka do końca 3. miesiąca ciąży, gdy osiąga stadium płodu), grupa komórek pęcherzykowych ściśle otaczająca oocyt, pęcherzyk wydzielniczy zlokalizowany w szczytowej części główki plemnika., diploidalna komórka powstała w wyniku zapłodnienia, bezkomórkowa warstwa zbudowana z glikoprotein otaczająca oocyt

zygota	
zarodek	
akrosom	
osłonka przejrzysta	
wieniec promienisty	

## Ćwiczenie 2



Oceń i zaznacz, czy podane stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Zapłodnienie to połączenie gamety żeńskiej i gamety męskiej.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bezpośrednim wynikiem zapłodnienia jest powstanie zarodka.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Do zapłodnienia najczęściej dochodzi w bańce jajowodu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Ćwiczenie 3



Uzupełnij tekst, wybierając prawidłowe sformułowania spośród podanych poniżej propozycji.

zygoty, witki, Od 2 do 5 dl, ploid, jajowodu, nasienie, buławką, bańką, jajnika, wewnątrz, zarodek, 15 cm/h, zaplemnienie, cewkę moczową, 300 tysięcy, 300 milionów, sklepienia, macicę, na zewnątrz, normospermii, 15 mm/h, Plemniki, rzęski, od 2 do 5 ml, blastocysty

Zapłodnienie to proces odbywający się u człowieka i większości ssaków ..... żeńskiego układu rozrodczego. Poprzedza je ....., podczas którego ..... z męskimi komórkami rozrodczymi zostaje wprowadzone do ..... pochwy. W prawidłowych warunkach, tj. warunkach ....., objętość nasienia wynosi ....., a w każdym mililitrze znajduje się nawet ..... plemników. .... mają zdolność ruchu warunkowaną obecnością ..... Przemieszczają się przez układ rozrodczy kobiety z prędkością około ....., przechodząc przez ..... aż do ..... Do połączenia się plemnika z komórką jajową dochodzi najczęściej w jego części dystalnej zwanej inaczej ..... Wynikiem zapłodnienia jest powstanie diploidalnej ....., która dzieli się mitotycznie, tworząc ....., i przesuwa przez jajowód w kierunku macicy.

## Ćwiczenie 4



Ułóż w odpowiedniej kolejności reakcje zachodzące podczas procesu zapłodnienia.

- Penetracja plemnika przez osłonkę przejrzystą
- Fuzja plemnika z komórką jajową
- Kondensacja chromosomów z przedjądrzy oraz wytworzenie zygoty
- Podjęcie drugiego podziału przez oocyt II rzędu
- Przenikanie plemników przez wieniec promienisty
- Zablokowanie możliwości wniknięcia do oocytu więcej niż jednego plemnika
- Kapacytacja
- Wytworzenie przedjądrzy żeńskich i męskich w pierwotnym oocycie

## Ćwiczenie 5



Przyporządkuj podane sformułowania do odpowiedniego etapu aktywacji plemnika.

Reakcja ta umożliwia transport plemnika przez macierz pozakomórkową otaczającą oocyt oraz strawienie osłonki przejrzystej., Ostateczny etap dojrzewania plemników – nabywanie zdolności do zapłodnienia., Zachodzi podczas wędrówki plemników przez żeńskie drogi rodne., W wyniku tej reakcji następuje odstąpienie enzymów zlokalizowanych w błonie cytoplazmatycznej okrywającej akrosom., Podczas reakcji uwolnione zostają trawiące enzymy plemnika: hialuronidaza, neuraminidaza, fosfataza kwaśna oraz akrozyna., Zachodzi po bezpośrednim kontakcie plemnika z komórką jajową., Katalizowana przez hydrolazy żeńskich dróg rodnych., Fuzja błony cytoplazmatycznej z zewnętrzną błoną akrosomu z wytworzeniem licznych pęcherzyków., Katalizowana przez związanie plemnika z białkiem receptorowym osłonki przejrzystej.

<b>Kapacytacja</b>	
<b>Reakcja akrosomalna</b>	

## Ćwiczenie 6



## Ćwiczenie 7



Dla zapewnienia prawidłowego rozwoju osobnika koniecznym jest uformowanie w momencie zapłodnienia diploidalnego genomu utworzonego przez materiał genetyczny matki i ojca dostarczony przez dwie gamety. Połączenie się oocytu z dwoma plemnikami, zjawisko polispermii, jest letalne i uniemożliwia rozwój. (...) Zapewnienie monospermicznego zapłodnienia jest wynikiem tworzenia przez oocyt bloku przeciwko polispermii. Proces ten polega na zmianach w warstwie korowej ooplazmy i wydzieleniu, na drodze egzocytozy, zawartości ziaren korowych, mikropęcherzyków zawierających substancje o charakterze mukopolisacharydowym oraz enzymatycznym. Enzymatyczna zawartość ziaren wpływa na strukturę białek ZP osłonki przejrzystej, powodując jej utwardzenie, co uniemożliwia wiązanie i penetrację przez plemniki. (...) Procesy bloku przeciwko polispermii są stymulowane, podobnie jak cały przebieg aktywacji wzrostem w ooplazmie poziomu jonów wapnia.

Źródło: Leopold Śliwa, *Postępy w badaniach zapłodnienia u ssaków i człowieka*, „Nowa Medycyna” 3/2013, s. 135–138

Na podstawie podanych informacji wyjaśnij, jaki skutek może mieć niedobór jonów wapnia podczas procesu zapłodnienia.

---

## Ćwiczenie 8



Ocena się, że niepłodność w Polsce dotyka co piątą parę w wieku rozrodczym. Główną przyczyną niepłodności na tle immunologicznym jest obecność przeciwciał przeciwplemnikowych (ASA) (...) Zasadnicze działanie przeciwciał przeciwplemnikowych nie polega na mechanicznym uszkodzeniu plemnika i jego śmierci, ale na zaburzeniu jego funkcji, czego skutkiem jest zakłócenie poszczególnych etapów procesu zapłodnienia. ASA mogą opłaszczać plemniki w specyficznych miejscach: na główce, zaburzając interakcję z komórką jajową, na wstawce czy końcu wstki, upośledzając ruch plemnika. ASA mogą również interferować z procesami przygotowującymi błonę komórkową plemnika do zapłodnienia, odbywającymi się w drogach rodnych kobiety. Wywołują wówczas przedwczesną kapacytację i/lub reakcję akrosomalną. Przeciwciała przeciwplemnikowe mogą powodować aglutynację plemników, hamując tym samym ich ruch postępowy.

Źródło: Renata Wyrzykowska, Alina Domagała, Maciej Kurpisz, *Czynnik molekularny w rozrodzie. Rola i charakterystyka przeciwciał przeciwplemnikowych*, „Postępy Biologii Komórki”, tom 32 nr 3, 2005, s. 537–548

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** biologia

**Temat: Etapy i przebieg zapłodnienia u człowieka**

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

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

10. Rozmnażanie i rozwój. Uczeń:

1) przedstawia istotę rozmnażania płciowego;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

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

9) Rozmnażanie i rozwój. Uczeń:

d) rozróżnia zapłodnienie zewnętrzne i wewnętrzne, jajorodność, jajożyworodność i żyworodność oraz podaje przykłady grup zwierząt, u których występuje,

**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 etapy zapłodnienia u człowieka.
- Przyporzędujesz poszczególne etapy zapłodnienia do miejsc w żeńskim układzie rozrodczym, w których zachodzą.
- Wymienisz reakcje zapewniające zapłodnienie komórki jajowej człowieka przez tylko jeden plemnik.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

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

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- animacja;
- gwiazda pytań.

### **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;
- arkusze papieru A3, flamastry.

### **Przed lekcją:**

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Etapy i przebieg zapłodnienia u człowieka”. Uczestnicy zajęć zapoznają się z treścią zawartą w sekcji „Przeczytaj” i przygotowują pytania, jakie można by było zadać w kontekście tematu zajęć.
2. Uczniowie przypominają sobie informacje na temat cyklu rozrodczego u kobiet i wędrówki plemników w drogach rodnych kobiety, zwracając uwagę na procesy związane z zapłodnieniem.

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel wyświetla temat i cele lekcji oraz przybliża jej przebieg.
2. **Raport z przygotowań.** Nauczyciel, przy użyciu dostępnego w panelu użytkownika raportu, weryfikuje przygotowanie uczniów do lekcji: sprawdza, którzy uczestnicy zajęć zapoznali się z udostępnionym e-materiałem.  
Nauczyciel poleca uczniom, aby zgłaszali swoje propozycje pytań do wspomnianego tematu. Jedna osoba może zapisywać je na tablicy. Gdy uczniowie wyczerpią swoje pomysły, a pozostały jeszcze jakieś ważne kwestie do poruszenia, nauczyciel uzupełnia informacje.

### **Faza realizacyjna:**

1. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy i spośród pytań sformułowanych przez uczniów we wstępnej fazie lekcji wybiera pięć. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pytań wybranych przez nauczyciela, a następnie udzielenie na nie odpowiedzi na podstawie wiadomości znajdujących się w sekcji „Przeczytaj”.  
Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3.
2. **Praca z animacją pt. „Etapy i przebieg zapłodnienia u człowieka”.** Nauczyciel wyświetla animację. Utworzone wcześniej grupy przekazują swoją gwiazdę pytań kolejnemu zespołowi, zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Na podstawie obejrzonej animacji uczniowie weryfikują i uzupełniają odpowiedzi do gwiazdy pytań. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.
3. Uczniowie, pracując w parach, wykonują polecenie nr 1 („Wyjaśnij, jakie cechy budowy i fizjologii żeńskiego układu rozrodczego wspomagają plemniki w dotarciu do komórki jajowej, a jakie im to utrudniają”). Nauczyciel w razie potrzeby naprowadza ich na prawidłowe rozwiązanie.
4. **Utrwalanie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie wykonują ćwiczenia nr 7 (w którym mają za zadanie – na podstawie podanych informacji – wyjaśnić, jaki skutek może mieć niedobór jonów wapnia podczas procesu zapłodnienia) i nr 8 (w którym mają za zadanie – na podstawie przedstawionego tekstu – określić, co jest bezpośrednią przyczyną niepłodności u osób, u których obecne są przeciwciała przeciwplemnikowe) w sekcji „Sprawdź się”. Nauczyciel sprawdza poprawność wykonanych zadań, omawiając je wraz z uczniami.

### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 2 (typu „prawda/fałsz”, sprawdzające wiedzę na temat etapów i przebiegu zapłodnienia u człowieka) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: wymyślają trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.

2. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”.  
W kontekście ich realizacji następuje omówienie ewentualnych problemów z rozwiązaniem ćwiczeń i poleceń z sekcji „Sprawdź się”.

**Praca domowa:**

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 6 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 animacji:**

- Nauczyciel może wykorzystać animację na lekcji „Kapacytacja plemników i ich wędrówka w drogach rodnych kobiety”.