KURS
„BIOLOGIA POD KLUCZ"

WIRUSY

Prezentacja jest chroniona prawnie przed kopiowaniem bez pisemnej zgody autora i stanowi „utwór" i w myśl Ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 1994 r., Nr 24, poz. 83 z późn. zm.).

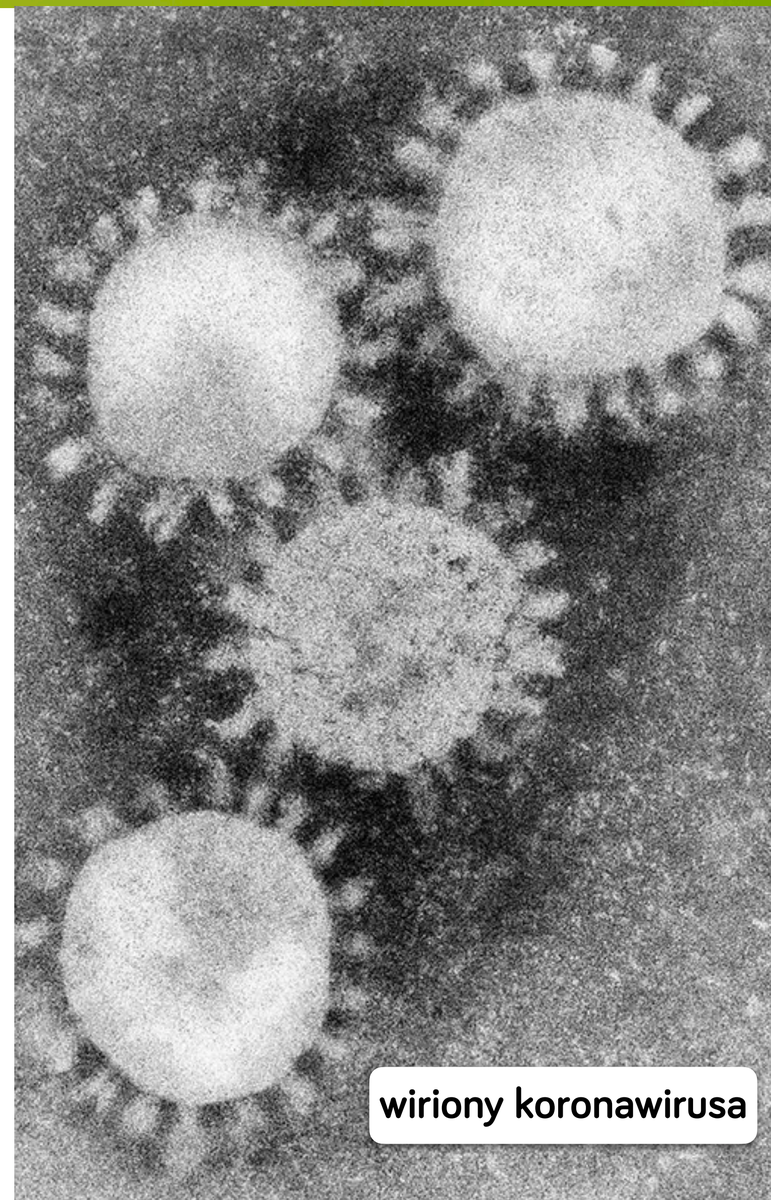
PODSTAWA PROGRAMOWA 2025



1. Przedstawia budowę wirusów jako bezkomórkowych form infekcyjnych.
2. Przedstawia różnorodność morfologiczną i genetyczną wirusów.
3. Wykazuje związek budowy wirusów ze sposobem infekowania komórek.
4. Porównuje cykle infekcyjne wirusów (lityczny i lizogeniczny).
5. Wyjaśnia mechanizm odwrotnej transkrypcji i jego znaczenie w namnażaniu retrowirusów.
6. Przedstawia drogi rozprzestrzeniania się i zasady profilaktyki chorób człowieka wywoływanych przez wirusy (wścieklizna, AIDS, schorzenia wywołane zakażeniem HPV, grypa, odra, ospa, różyczka, świnka, WZW typu A, B i C).
7. Przedstawia znaczenie wirusów w przyrodzie i dla człowieka.

Wirusy to **czynniki zakaźne** zbudowane z **białka i kwasu nukleinowego**. Są **niezwykle małymi** formami zakaźnymi osiągającymi wymiary od kilku do kilkuset **nanometrów**. Mogą pasożytować w komórkach praktycznie wszystkich organizmów dlatego często nazywane są **bezkomórkowymi pasożytami**.

Dział mikrobiologii zajmujący się badaniem wirusów, ich systematyką, budową, właściwościami antygenowymi i chorobotwórczymi to **wirusologia**.



wiriony koronawirusa

CZY WIRUSY TO ORGANIZMY?



Wirusów **nie wolno nazywać organizmami**, ponieważ:

- nie mają budowy komórkowej,
- nie mają własnego metabolizmu,
- nie są zdolne do rozmnażania, tylko do **namnażania** wyłącznie w żywych komórkach gospodarza.

DUALISTYCZNA NATURA WIRUSÓW



Wirusy są strukturami z **pogranicza materii nieożywionej i żywej**. Poza organizmem żywiciela wirusy zachowują się jak twory materii nieożywionej, natomiast w komórce wykazują cechy materii ożywionej, ponieważ **naruszając jej metabolizm powodują syntezę wirusowego kwasu nukleinowego i białka (proces namnażania).**

DUALISTYCZNA NATURA WIRUSÓW



CECHY WIRUSÓW ŚWIADCZĄCE O PRZYNALEŻNOŚCI DO MATERII NIEOŻYWIONEJ:

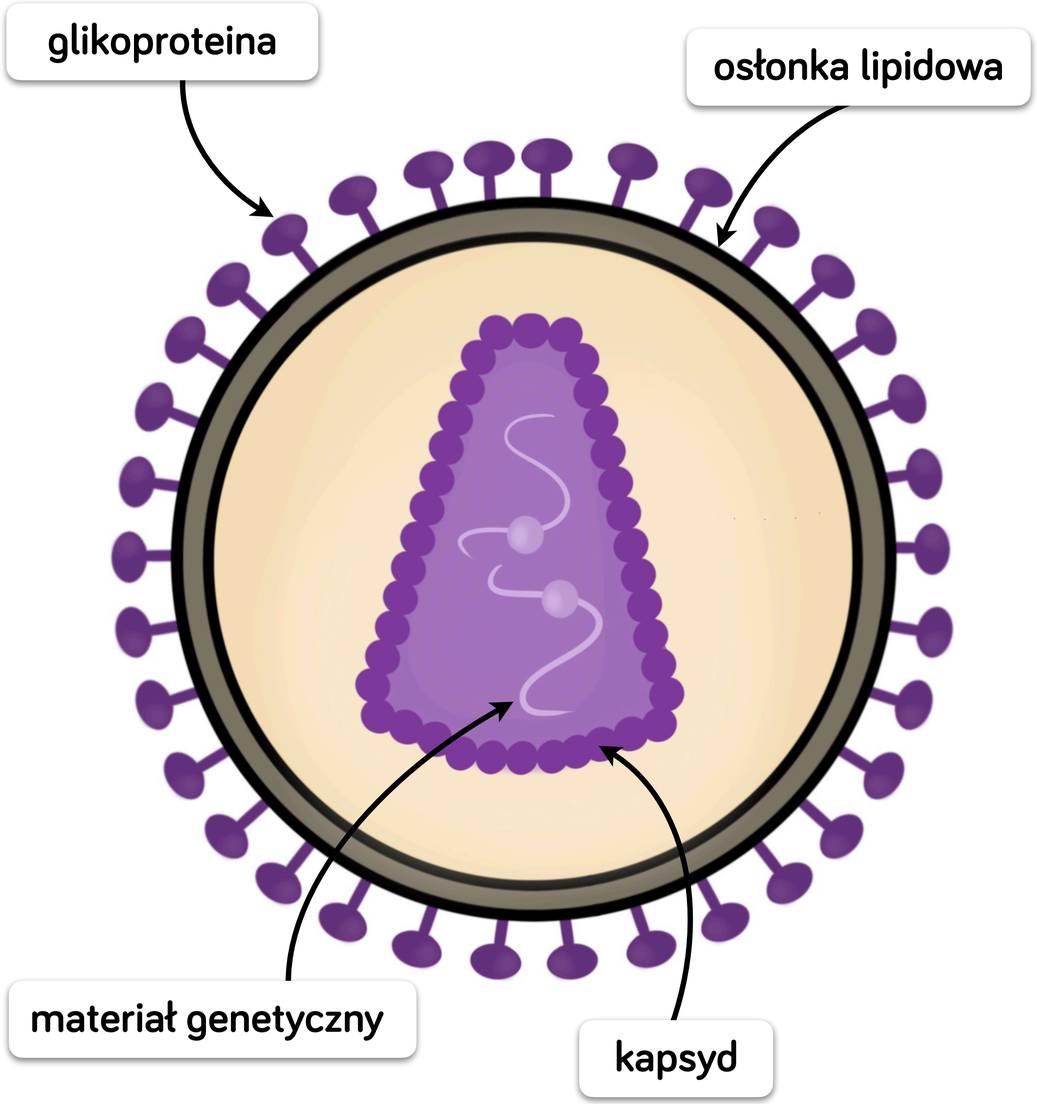
- brak **budowy komórkowej**
- nie są zdolne do **przeprowadzania funkcji życiowych** poza zainfekowaną komórką

CECHY WIRUSÓW ŚWIADCZĄCE O PRZYNALEŻNOŚCI DO MATERII OŻYWIONEJ:

- zbudowane są ze **związków organicznych** występujących tylko w organizmach żywych: białek, lipidów, kwasów nukleinowych,
- istnieje możliwość **namnażania** ich informacji genetycznej,
- materiał genetyczny zdolny do **mutacji**,
- ich strategie działania można nazwać **paso-żytnictwem**

BUDOWA WIRUSÓW

BUDOWA WIRIONU



Pojedynczą kompletną cząstkę wirusa, występującą w środowisku pozakomórkowym zdolną do atakowania komórek, nazywa się **wirionem**.

Wirion składa się z:

- materiału genetycznego,
- kapsydu (białkowa otoczka).

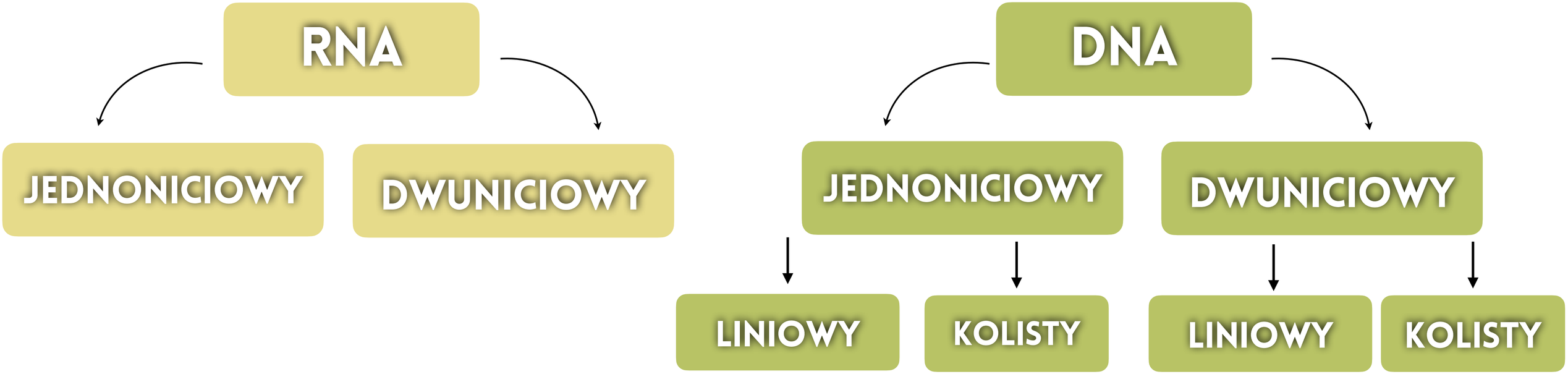
Niektóre wirusy mogą dodatkowo zawierać:

- osłonkę lipidową z glikoproteinami,
- własne enzymy,
- dodatkowe białka budulcowe.

MATERIAŁ GENETYCZNY WIRUSÓW

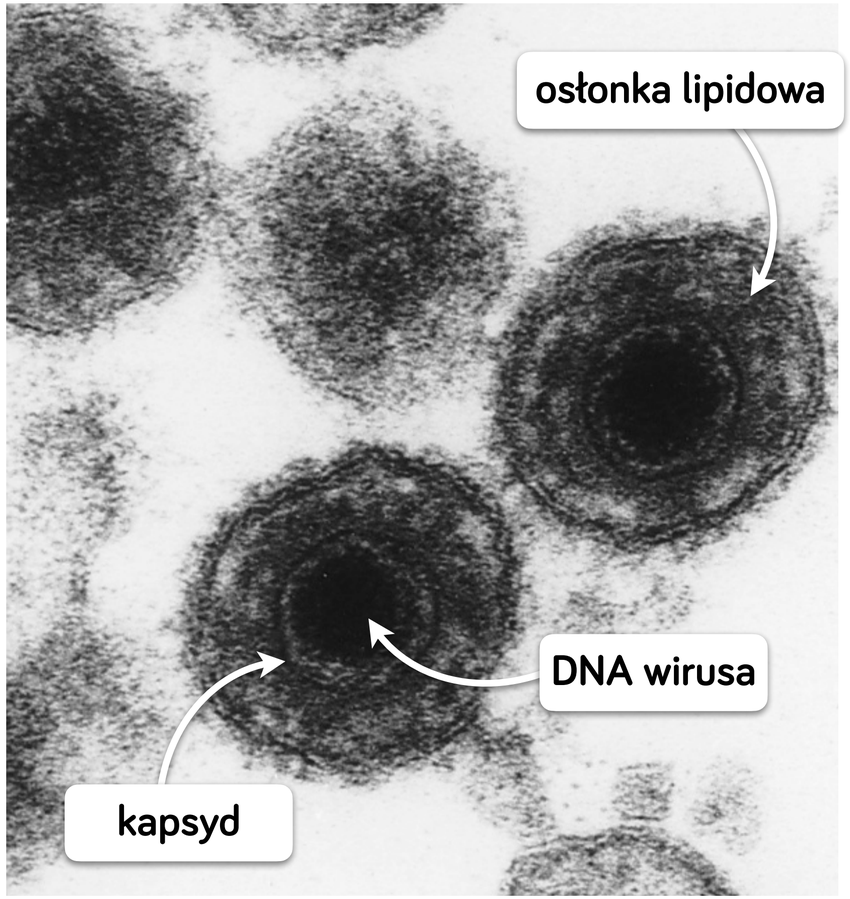
Materiałem genetycznym wirusów może być **DNA** lub **RNA**.

Zapamiętaj! Materiałem genetycznym wirusa nigdy nie mogą być oba kwasy nukleinowe jednocześnie – **zawsze jeden** rodzaj DNA lub RNA. W zależności od wirusa cząsteczki kwasów nukleinowych mogą występować w różnych postaciach:



MATERIAŁ GENETYCZNY WIRUSÓW

Materiał genetyczny wirusa koduje **białka kapsydu** oraz **enzymy**, które są niezbędne do ekspresji jego genów w komórce gospodarza, a także do replikacji genomu, czyli do **namnażania** się wirusa.

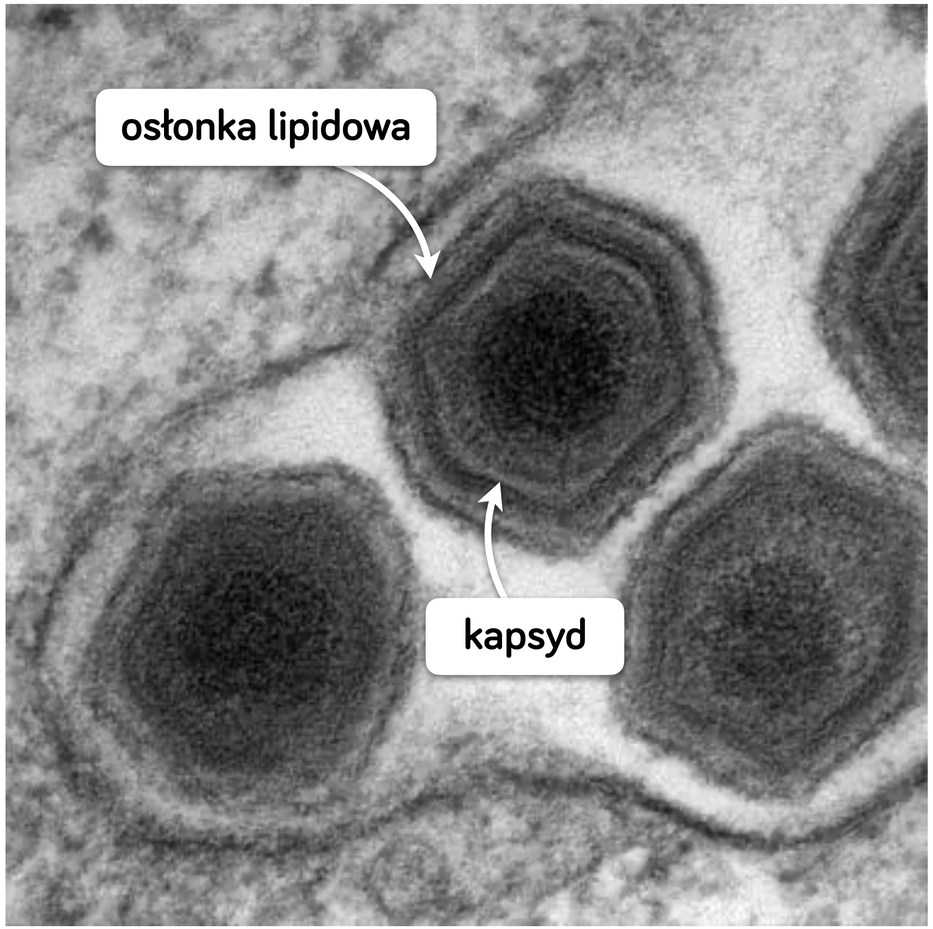


wirus opryszczki (HHV-6)

KAPSYD

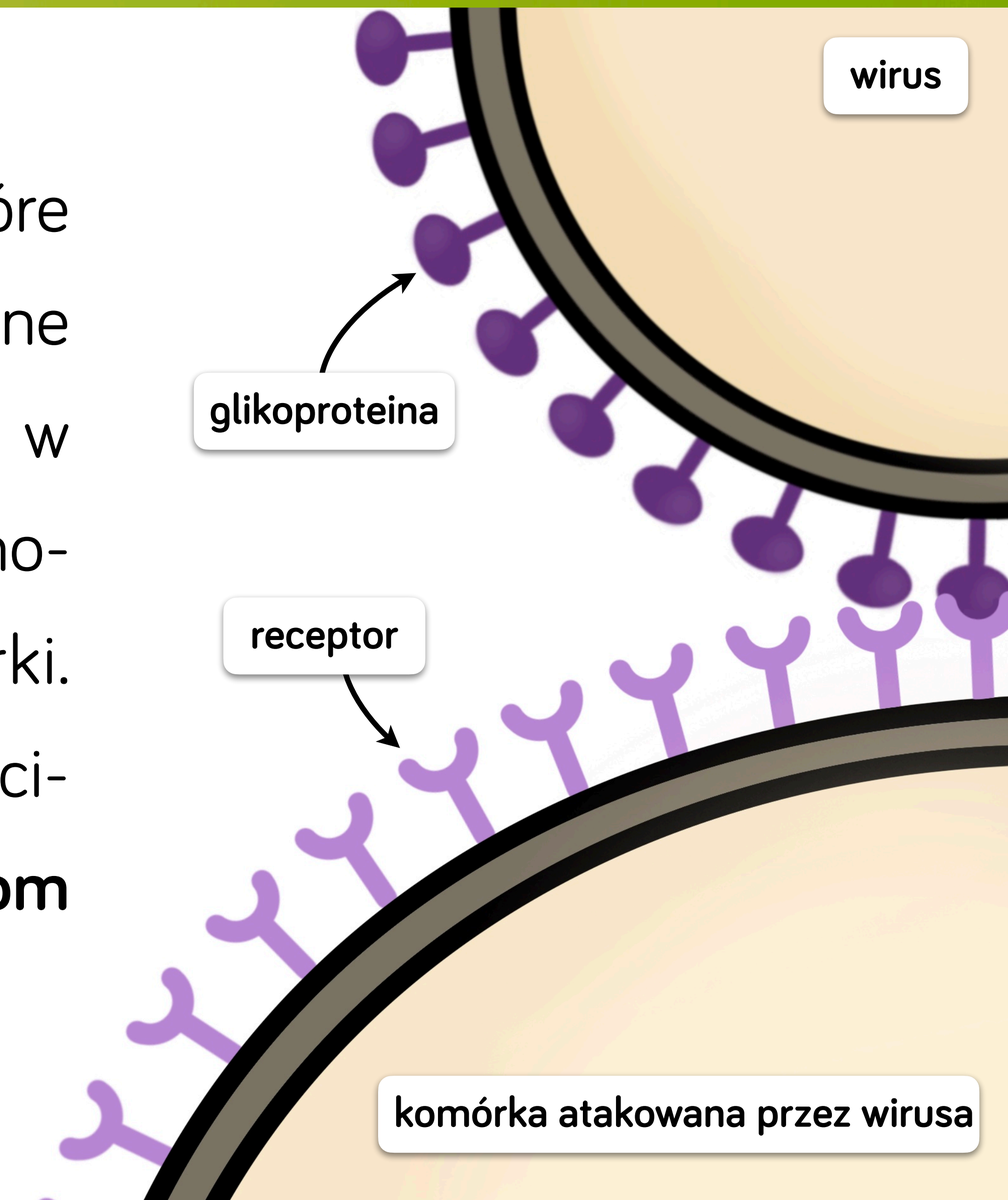
Kapsyd składa się z białkowych podjednostek strukturalnych, tzw. **kapsomerów**. **Chroni on materiał genetyczny wirusa** w środowisku pozakomórkowym przed działaniem czynników zewnętrznych oraz **umożliwia wirusowi rozpoznawanie komórek gospodarza**. Kapsyd także nadaje kształt wirionom.

Niektóre wirusy mają dodatkowo **lipidową osłonkę** zewnętrzną, która powstaje **z fragmentu błony komórkowej gospodarza podczas uwalniania wirionów**.



KAPSYD

W osłonce lipidowej znajdują się **glikoproteiny**, które wystają na zewnątrz powierzchni wirusa. Wiążą się one w swoisty sposób z **receptorami** wbudowanymi w błonę komórkową infekowanych komórek, co umożliwia wirusom **wniknięcie** do wnętrza komórki. Organizm gospodarza wytwarza konkretne przeciwciała przeciwko glikoproteinom, czyli **antygenom** wirusa.



! POD KLUCZ !



Dlaczego błędne jest sformułowanie:

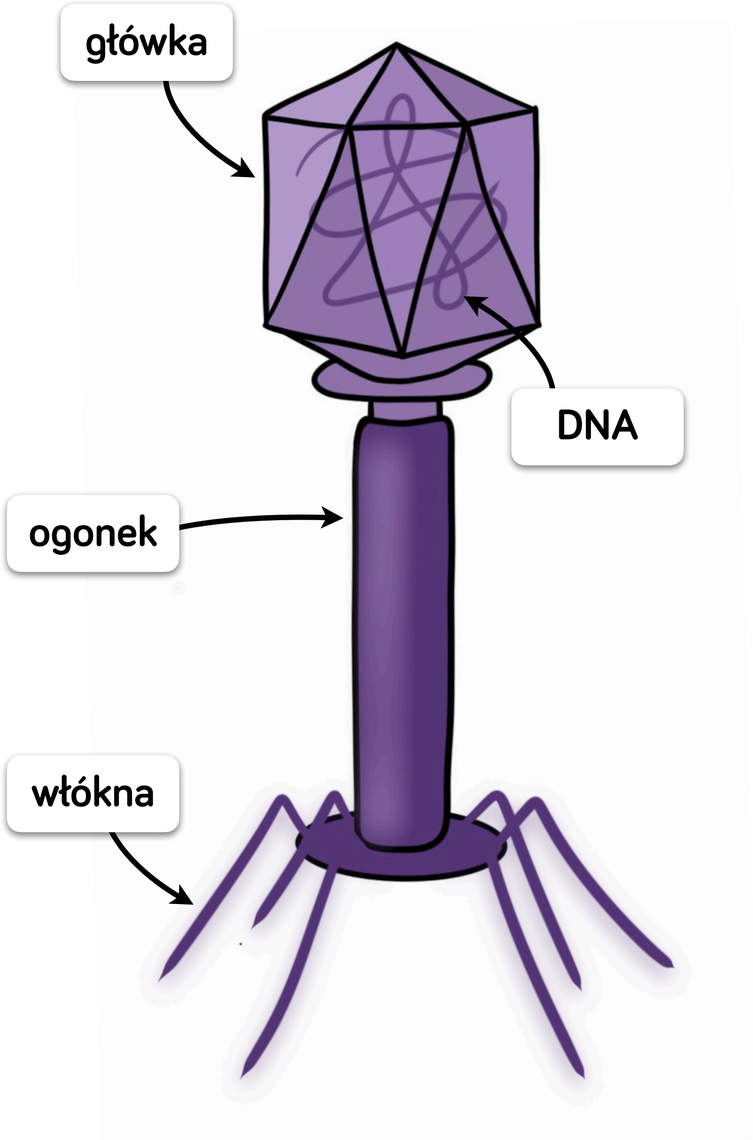
„receptor na powierzchni komórki”?

Receptory nie mogą być na powierzchni komórki, ponieważ są to białka wbudowane w błonę komórkową.

Poprawne sformułowanie brzmi:

„receptor błonowy lub receptor w błonie komórkowej”.

BUDOWA BAKTERIOFAGA



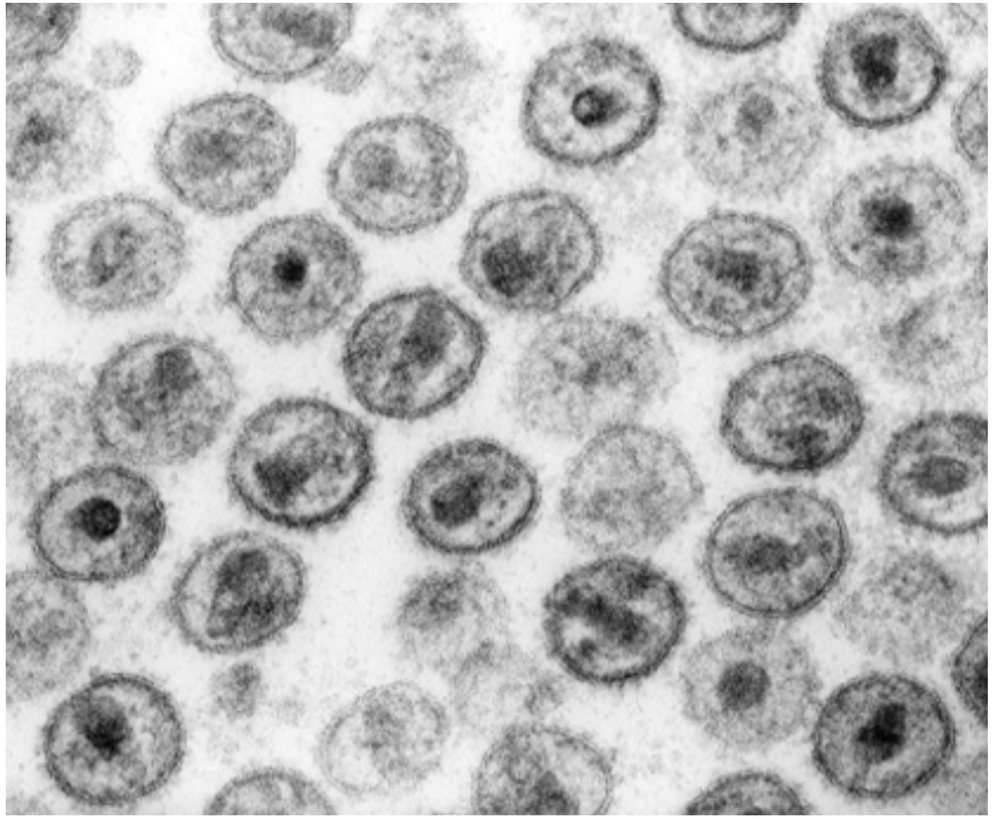
Wirion bakteriofaga składa się z **główki** z materiałem genetycznym (najczęściej **DNA**) oraz kurczliwego **ogonka**.

Na końcu ogonka znajduje się płytka podstawowa, w którą są wbudowane **białka enzymatyczne**, które rozkładają ścianę komórkową bakterii.

Od płytki podstawowej odchodzi sześć **włókien ogonka**, za pomocą których bakteriofag przymocowuje się do powierzchni komórek bakterii.

Bakteriofagi danego typu atakują tylko bakterie należące do jednego szczepu.

FORMY MORFOLOGICZNE WIRUSÓW

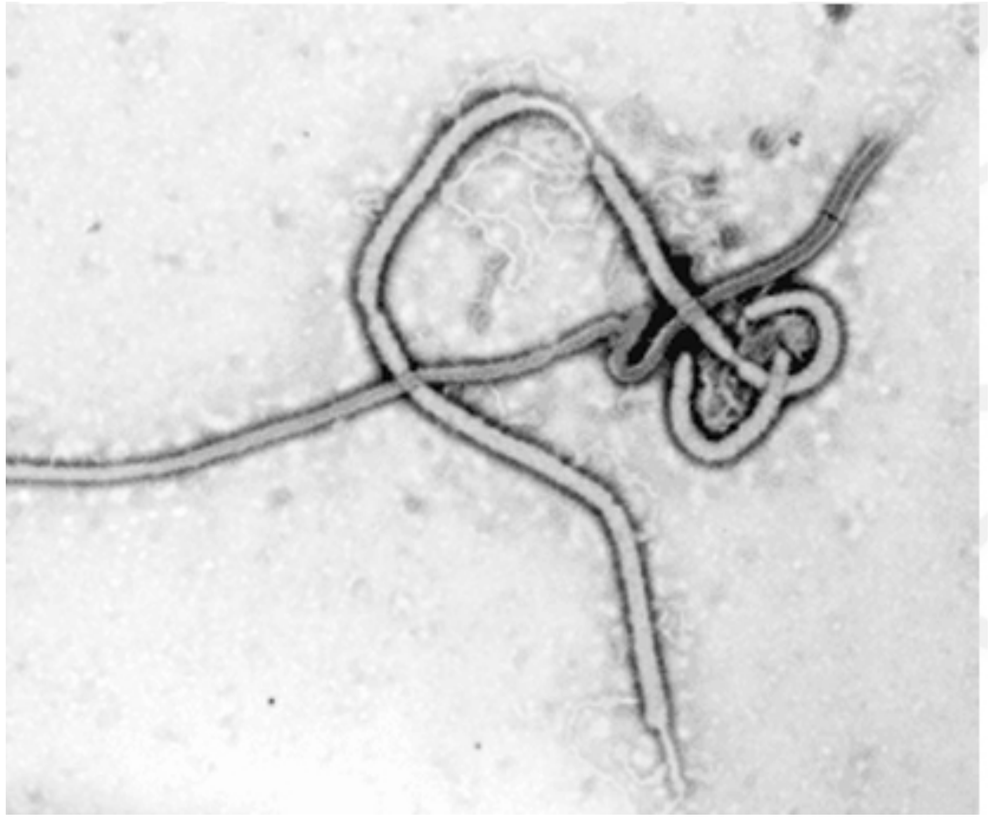


forma kulista (wirus HIV)

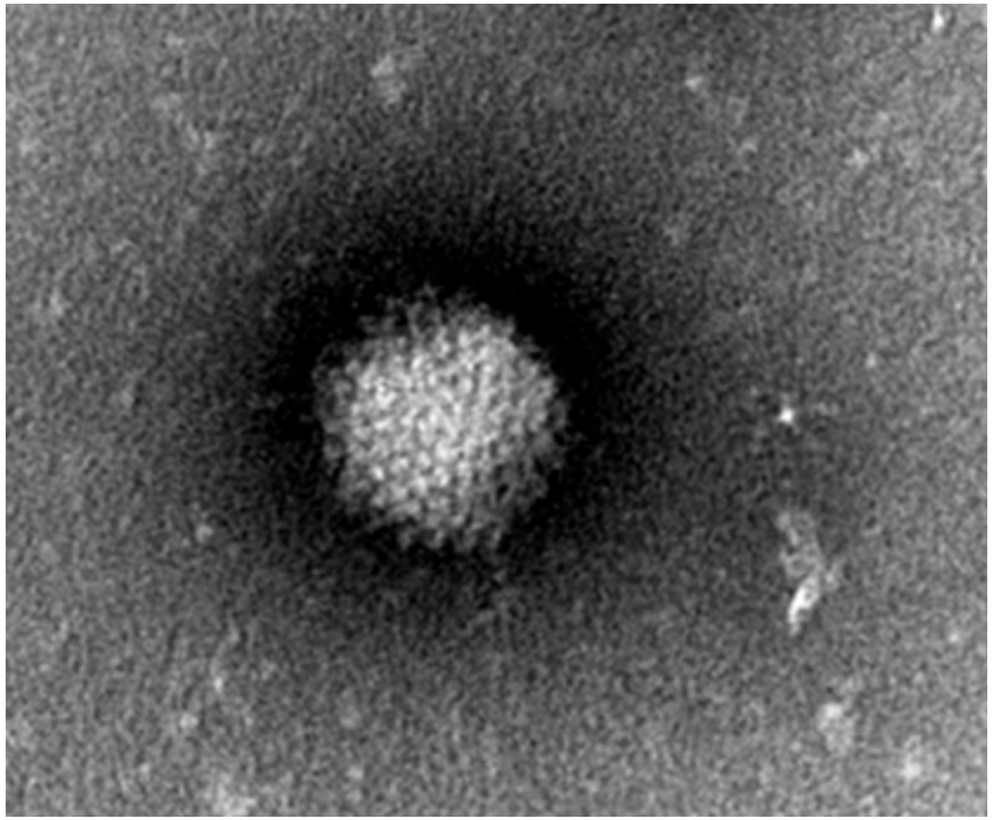


forma bryłowo-spiralna (bakteriofag)

FORMY MORFOLOGICZNE WIRUSÓW



forma pałeczkowata (wirus Ebola)



forma bryłowa (adenowirus)

JAK POWSTAJĄ NOWE WIRUSY?

NAMNAŻANIE SIĘ WIRUSÓW



Wirusy mogą namnażać się tylko we wnętrzu komórek organizmów. Wynika to z tego, że wiriony **nie posiadają aparatu translacyjnego**, czyli **enzymów** i **rybosomów** niezbędnych do powstawania nowych wirionów, więc wykorzystują te obecne w komórkach gospodarza.

Podczas namnażania powstają nowe wiriony zdolne do infekowania komórek.

Często podczas namnażania dochodzi do nieprawidłowości, które są przyczyną **zmienności antygenowej** wirusów, co skutkuje trudniejszym wykryciem, a następnie zwalczeniem infekcji wirusowej przez komórki organizmu gospodarza.

NAMNAŻANIE SIĘ WIRUSÓW



Większość wirusów roślinnych i zwierzęcych wnika w całości do wnętrza komórki gospodarza, natomiast **bakteriofagi wstrzykują do komórki kwas nukleinowy**, pozostawiając cały kapsyd na zewnątrz komórki gospodarza.

Wiele wirusów wykazuje **swoistość w odniesieniu do gatunku gospodarza** (np. bakteriofag T4 atakuje wyłącznie komórki bakterii — pałeczki okrężnicy — Escherichia coli) oraz **do rodzaju infekowanych tkanek** (np. wirus wścieklizny atakuje tylko komórki tkanki nerwowej).

CYKLE INFEKCYJNE WIRUSÓW



Infekcja wirusowa to wniknięcie wirusa do komórki gospodarza, a następnie jego namnażanie z udziałem **aparatu translacyjnego**, czyli **enzymów i rybosomów gospodarza**. Wirusy nie posiadają tych struktur, więc muszą wykorzystywać te obecne w komórkach, które zainfekowały.

W zależności od przebiegu infekcji wirusowej wyróżnia się:

↓ ↓

CYKL LITYCZNY

CYKL LIZOGENICZNY

CYKL LITYCZNY

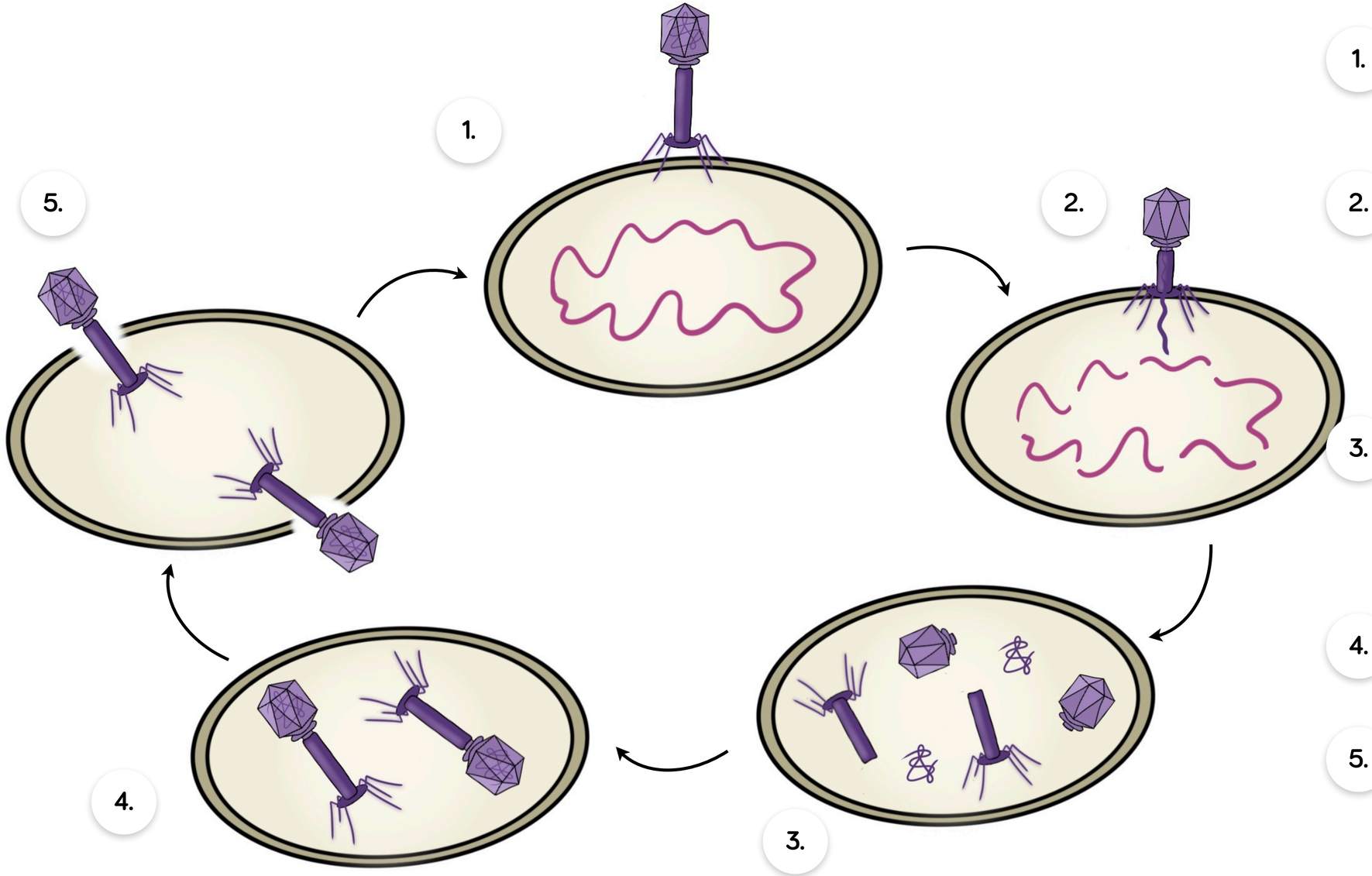


Cykl rozwojowy wirusa skutkujący **rozpadem** (lizą) atakowanej komórki bakteryjnej. Wirus wnika do komórki i zmusza ją do powielenia wirusowego kwasu nukleinowego oraz do syntezy wirusowych białek, w wyniku czego **powstają potomne fagi**.

Ich uwolnienie z komórki kończy się jej śmiercią, a nowe fagi atakują kolejne bakterie.

Bakteriofagi, które przechodzą ten cykl to **bakteriofagi zjadliwe**, np. bakteriofag T4.

CYKL LITYCZNY - PRZEBIEG



1. **Etap adsorpcji**: Bakteriofag przyłącza się do odpowiednich receptorów błonowych komórki bakteryjnej.

2. **Etap wnikania**: Bakteriofag **wprowadza** do wnętrza komórki gospodarza swój **genom** (kompletna informacja genetyczna wirusa), natomiast **kapsyd pozostaje na zewnątrz.** Dochodzi do degradacji DNA komórki bakteryjnej.

3. **Etap replikacji**: przejęcie kontroli nad metabolizmem komórki bakterii, replikacja genomu wirusa i ekspresja jego genów co skutkuje **powstaniem genomów potomnych oraz białek kapsydu.**

4. **Etap składania**: Powstałe składniki wirusa samorzutnie składają się w nowe wirusy potomne.

5. **Etap uwolnienia**: Komórka bakteryjna rozpada się i dochodzi do uwolnienia nowo powstałych bakteriofagów, które infekują kolejne bakterie.

CYKL LIZOGENICZNY



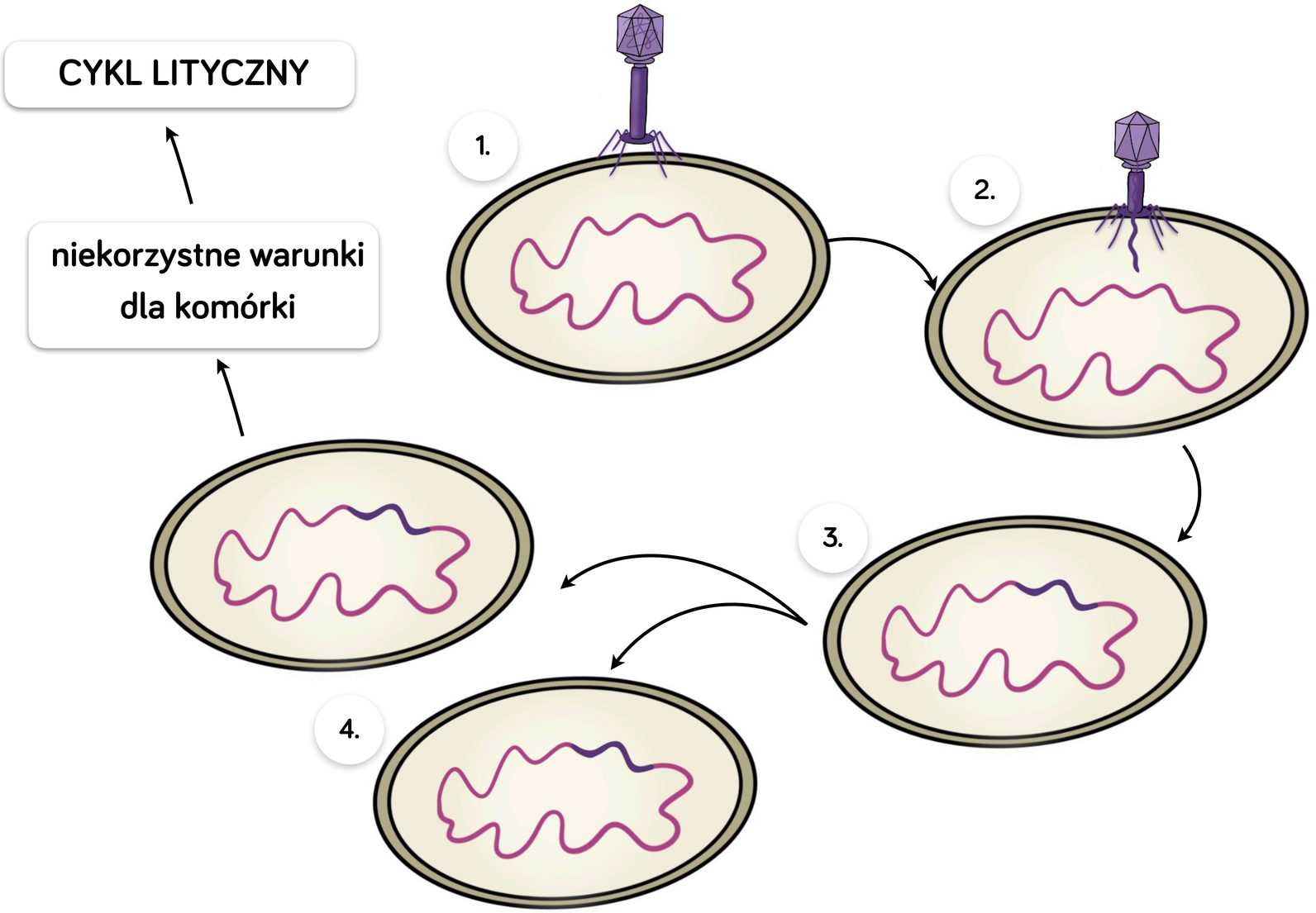
W tym cyklu **genom wirusa integruje się z genomem komórki gospodarz**a. Wirus **nie prowadzi do śmierci komórki**, **ani nie powoduje jej uszkodzenia**. Gdy genom wirusa ulega włączeniu w obręb bakteryjnego DNA nosi wtedy nazwę **profaga**.

Profag może pozostać **w stanie uśpienia** w komórce przez długi czas i **zaatakować ją** w sprzyjających dla siebie warunkach (np. wirus opryszczki atakuje w stanach osłabienia organizmu). Wirusy działające w ten sposób mogą być również przyczyną mutacji DNA w komórkach, prowadzących do ich **transformacji nowotworowej (wirusy onkogenne)**.

Podsumowując **profag może ulec aktywacji** i wejść w cykl **lityczny** pod wpływem czynników zewnętrznych niekorzystnych dla zainfekowanej komórki np. wysokiej temperatury lub promieniowania ultrafioletowego. **Przejście do cyklu litycznego kończy się śmiercią komórki bakterii**.

CYKL LIZOGENICZNY - PRZEBIEG





1. **Etap adsorpcji**: Rozpoznanie rodzaju (gatunku, szczepu) komórki bakteryjnej przez włókna ogonka bakteriofaga. **Przyłączenie się bakteriofaga do receptorów błonowych komórek gospodarza.**

2. **Etap wnikania**: Bakteriofagi wprowadzają do wnętrza komórki gospodarza genom, natomiast kapsyd pozostaje na zewnątrz.

3. **Etap integracji**: Włączenie genomu wirusa do genomu infekowanej komórki, co prowadzi do powstania **formy nieczynnej wirusa czyli profaga**. W takim stanie zwanym **lizogenią** nie wywołuje on objawów choroby.

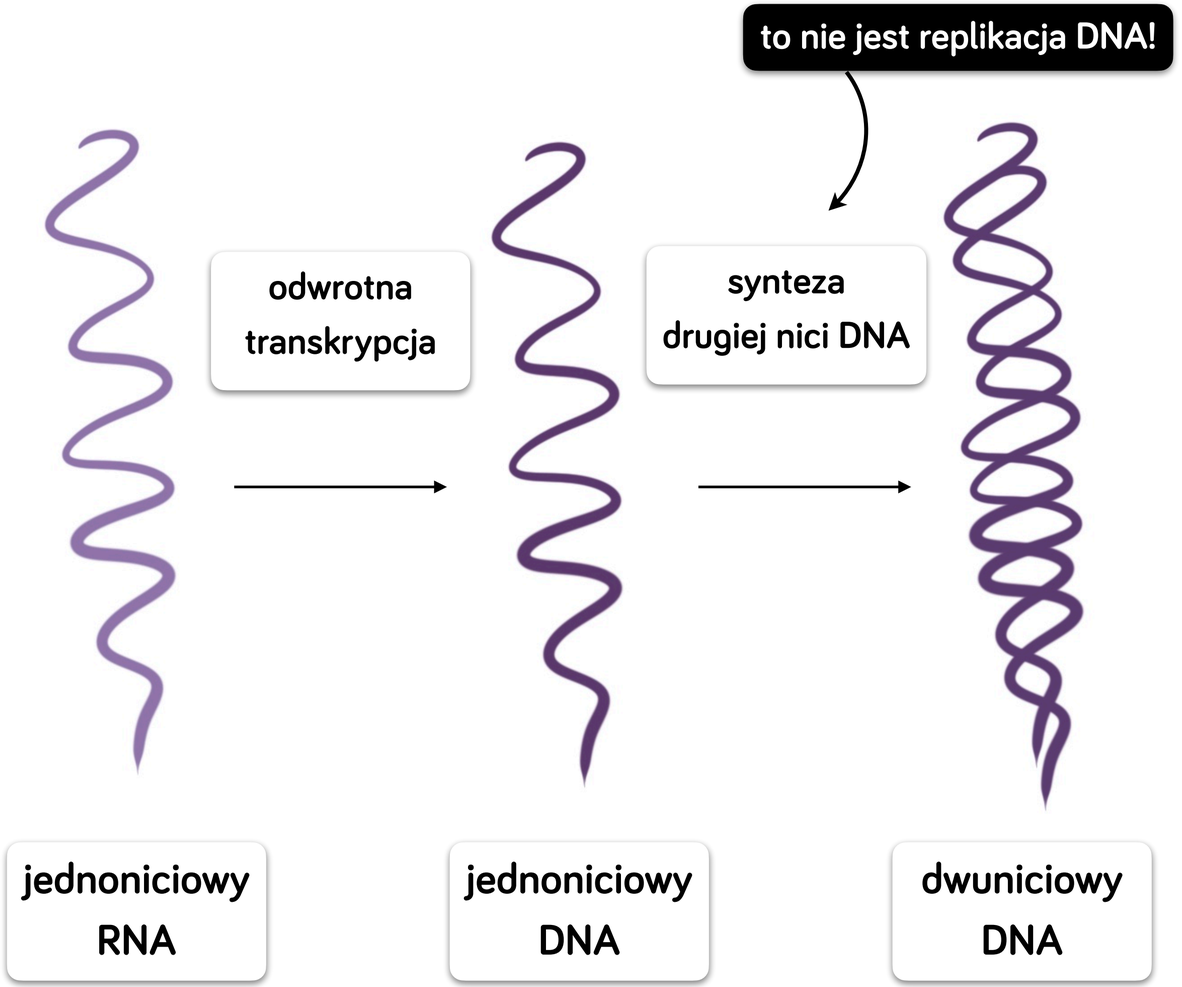
4. **Etap replikacji**: Zintegrowana postać profaga **ulega replikacji wraz z bakteryjnym genomem.** Bakteria podczas kolejnych podziałów przekazuje komórkom potomnym materiał genetyczny wirusa.

RETROWIRUSY NA PRZYKŁADZIE HIV

RETROWIRUSY

Retrowirusy to wirusy RNA przeprowadzające proces **odwrotnej transkrypcji**, czyli **syntezy DNA na matrycy RNA.**

Ich materiał genetyczny występuje w postaci dwóch identycznych kopii jednoniciowego RNA i koduje enzym **odwrotną transkryptazę** który umożliwia proces odwrotnej transkrypcji.



ZNACZENIE ODWROTNEJ TRANSKRYPCJI



Działanie enzymu odwrotnej transkryptazy jest dla cyklu infekcyjnego retrowirusa bardzo ważne, ponieważ pozwala na **przepisanie** jego informacji genetycznej z RNA na DNA, czyli na taki sam rodzaj kwasu, co w komórce atakowanej, i późniejszą **fuzję** wirusowego DNA z DNA gospodarza. Dzięki temu zainfekowana komórka może **odczytać wirusową informację genetyczną** i na jej podstawie **wytworzyć białka** wirusa niezbędne do jego namnażania.

! POD KLUCZ !



Dlaczego błędne jest sformułowanie:

„wirusy RNA to retrowirusy”?

Wirusy RNA a retrowirusy to nie są synonimy!

Poprawne sformułowanie brzmi:

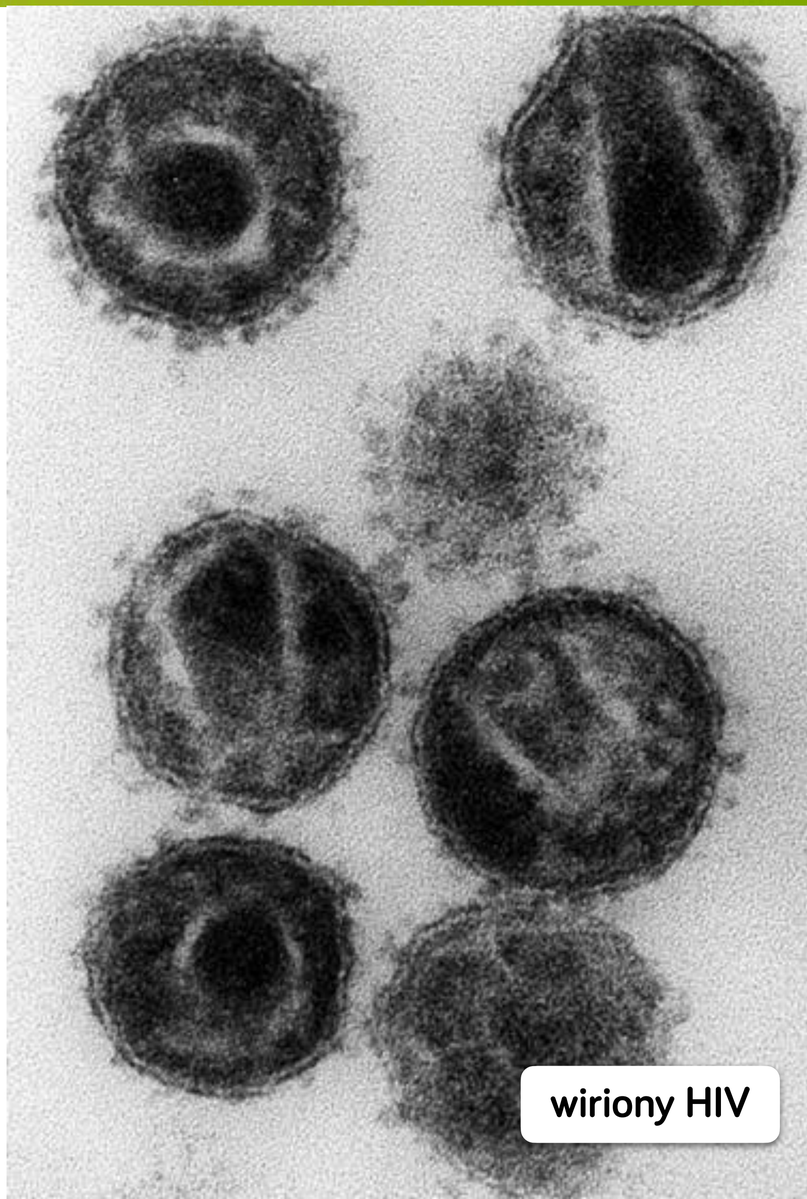
„wirusy RNA to wirusy mające materiał genetyczny w postaci RNA, a retrowirusy to wirusy mające enzym odwrotną transkryptazę”.

WIRUS HIV

Przykładem **retrowirusa** jest **ludzki wirus niedoboru odporności** - **wirus HIV**, atakujący komórki układu immunologicznego człowieka.

Wirus HIV zakaża komórki posiadające receptor **CD4** znajdujący się w błonie komórkowej **limfocytów pomocniczych** - **T_h**.

HIV został zidentyfikowany w 1984 r.



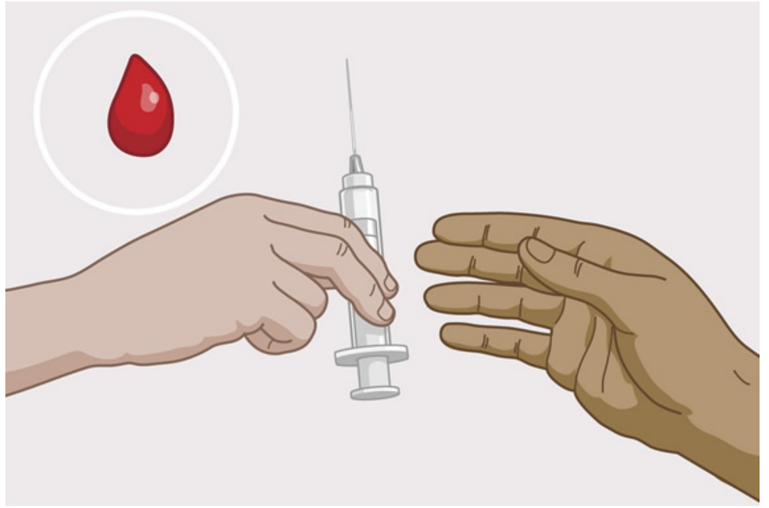
wiriony HIV

WIRUS HIV

Do zakażenia wirusem HIV dochodzi podczas:

- kontaktu seksualnego z osobą będącą nosicielem HIV,
- porodu, gdy zakażona HIV matka przekazuje wirusa dziecku,
- kamienia dziecka mlekiem matki HIV-pozytywnej,
- dzielenia igieł z osobą zakażoną HIV,
- transfuzji krwi, której dawcą jest osoba HIV-dodatnia.

Materiałem zakaźnym są: krew, nasienie, preejakulat, wydzielina pochwy, mleko matki osoby zakażonej HIV.





PROFILAKTYKA PRZED ZAKAŻENIEM HIV

Do profilaktyki przez zakażeniem HIV należy:

- stosowanie prezerwatyw, jeśli nie jesteśmy w 100% pewni statusu serologicznego naszego partnera lub partnerki,
- badanie dawców krwi na nosicielstwo HIV,
- sterylizacja narzędzi chirurgicznych
- używanie jednorazowych, sterylnych igieł,
- **PrEP** - profilaktyka farmakologiczna przed narażeniem na zakażenie HIV, czyli **stosowanie leków antyretrowirusowaych** (np. chronią one przed wniknięciem HIV do komórek)
- **PEP** - profilaktyka farmokologiczna po narażeniu na zakażenie HIV (gwałt, zakłucie igłą przez lekarza)
- **profilaktyka wertykalna** - zapobieganie przeniesienia zakażenia HIV z zakażonej matki na dziecko w czasie ciąży, porodu i podczas karmienia piersią



prawidłowo stosowane prezerwatywy chronią przed infekcją HIV

PROFILAKTYKA PRZED ZAKAŻENIEM HIV

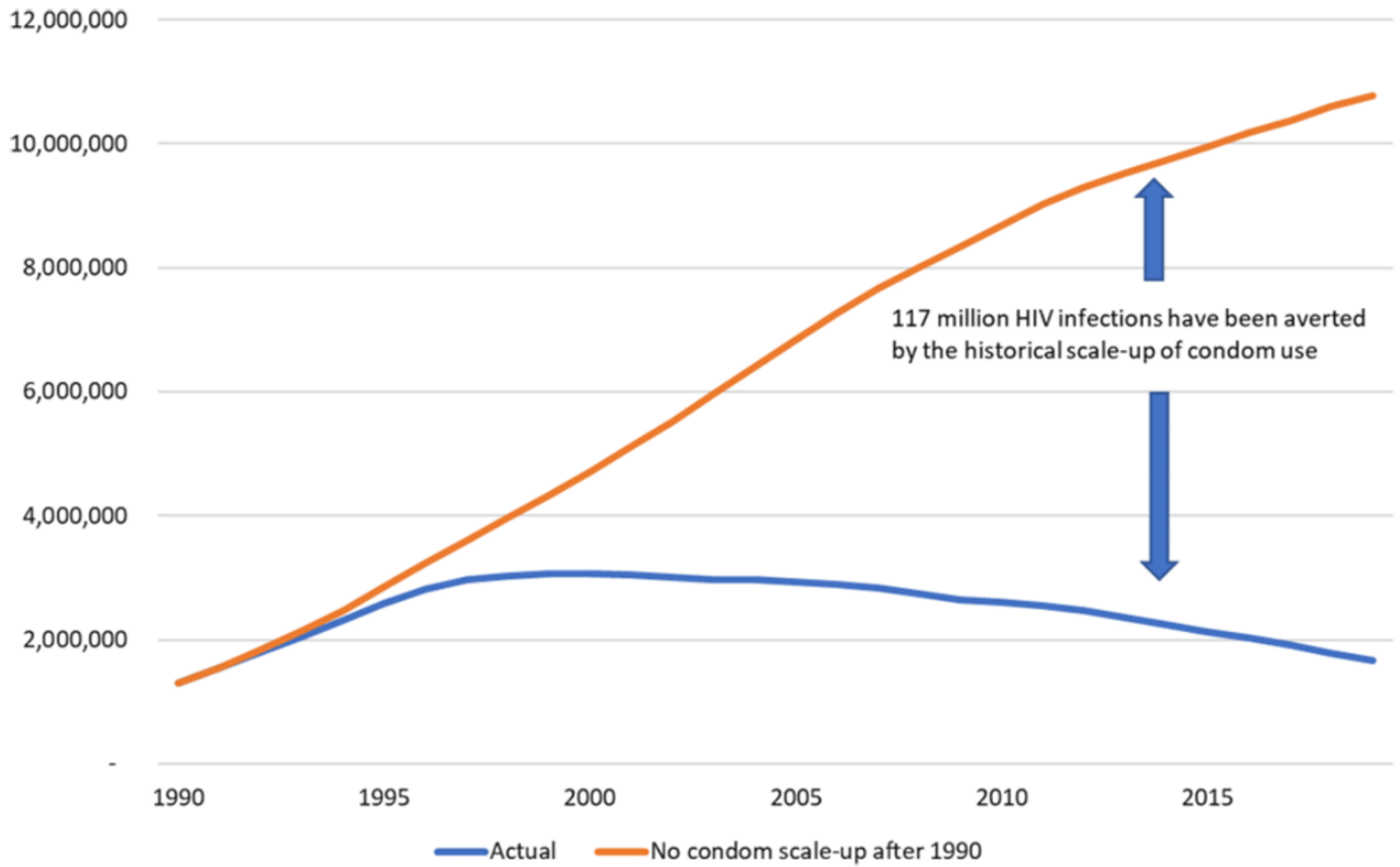
W Polsce w każdym większym mieście istnieje punkt konsultacyjno-diagnostyczny (**PKD**), w którym **bezpłatnie**, **anonimowo** i **bez skierowania** można wykonać test na HIV.

Szybsze wykrycie zakażenia pozwoli na **szybsze rozpoczęcie leczenia i normalne życie**. Leki anty-retrowirusowe są wysoce skuteczne i chronią przed rozwojem AIDS. **Obecnie, osoba HIV+, która regularnie przyjmuje leki, może dożyć wieku starości.**



więcej informacji na stronie
https://aids.gov.pl/pkd/

WPŁYW UŻYWANIA PREZERWATYW NA EPIDEMIĘ HIV

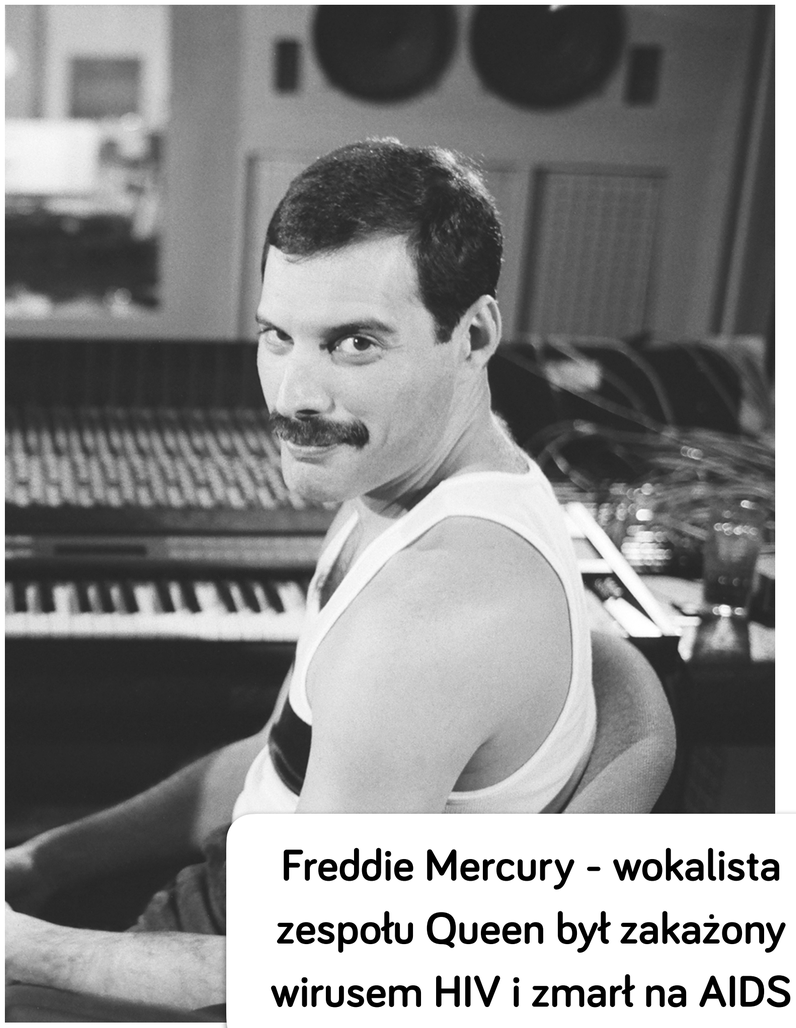


Wyniki badania pokazują, że obecny poziom zakażeń HIV byłby **pięciokrotnie** wyższy bez używania prezerwatyw i że zwiększenie skali używania prezerwatyw zapobiegło około **117 milionom infekcji HIV**.

Stover J, Teng Y. The impact of condom use on the HIV epidemic. Gates Open Res. 2022 Feb 11;5:91.

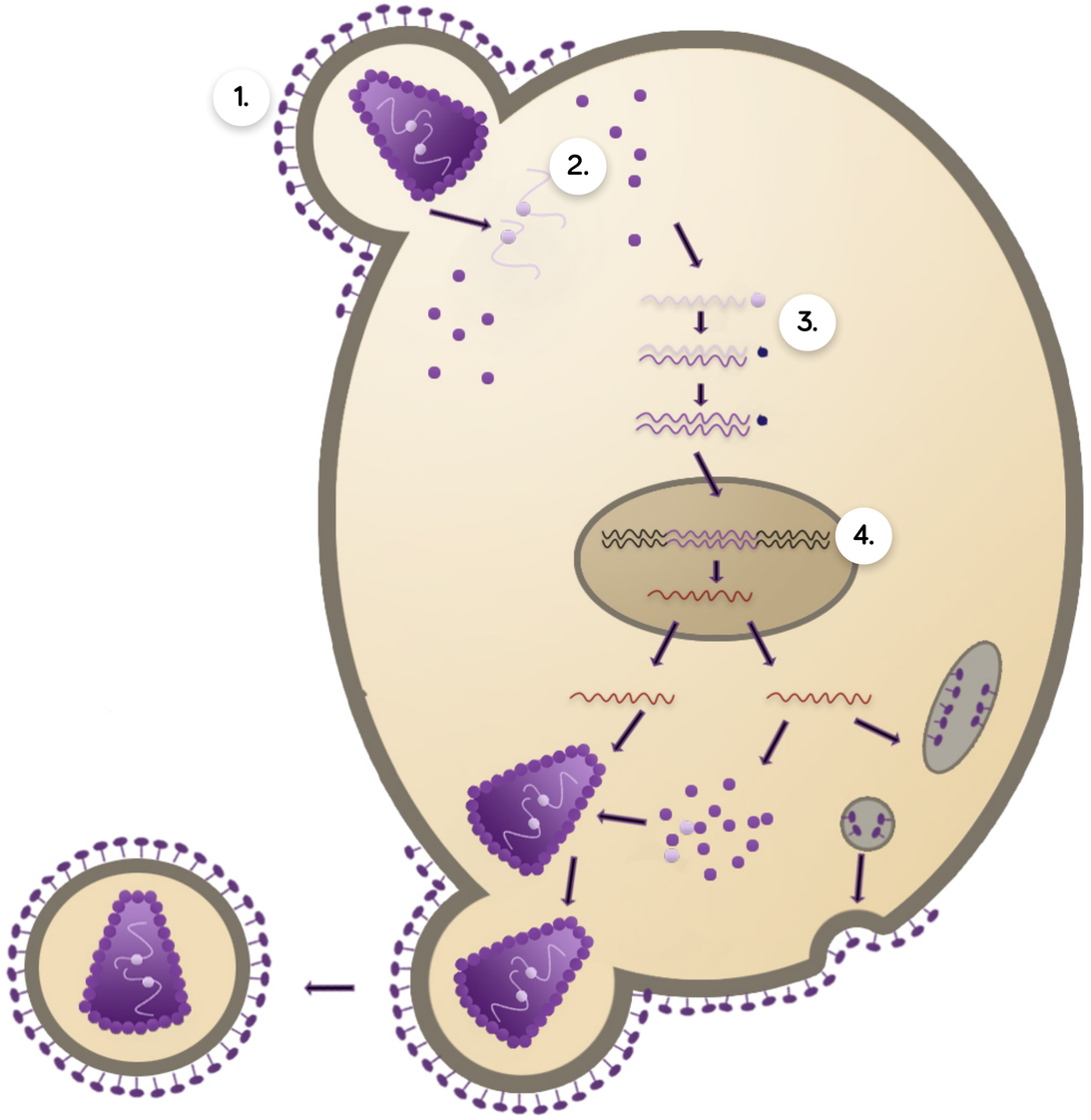
AIDS

AIDS to **zespół nabytego upośledzenia odporności**, wywołany przez **wirusa HIV**. Wirus ten atakując limfocyty T_h doprowadza do stopniowego spadku liczebności tych komórek. Z racji tego, że biorą one bardzo ważny udział w reakcjach odpornościowych, to **funkcjonowanie całego układu immunologicznego jest zaburzone** i dla chorego na AIDS śmiertelnym zagrożeniem są np. wirusy przeziębienia, które dla osoby zdrowej są błahymi infekcjami. **AIDS jest chorobą nieuleczalną** i zawsze kończy się **śmiercią**.



Freddie Mercury - wokalista zespołu Queen był zakażony wirusem HIV i zmarł na AIDS

CYKL INFEKCYJNY WIRUSA HIV



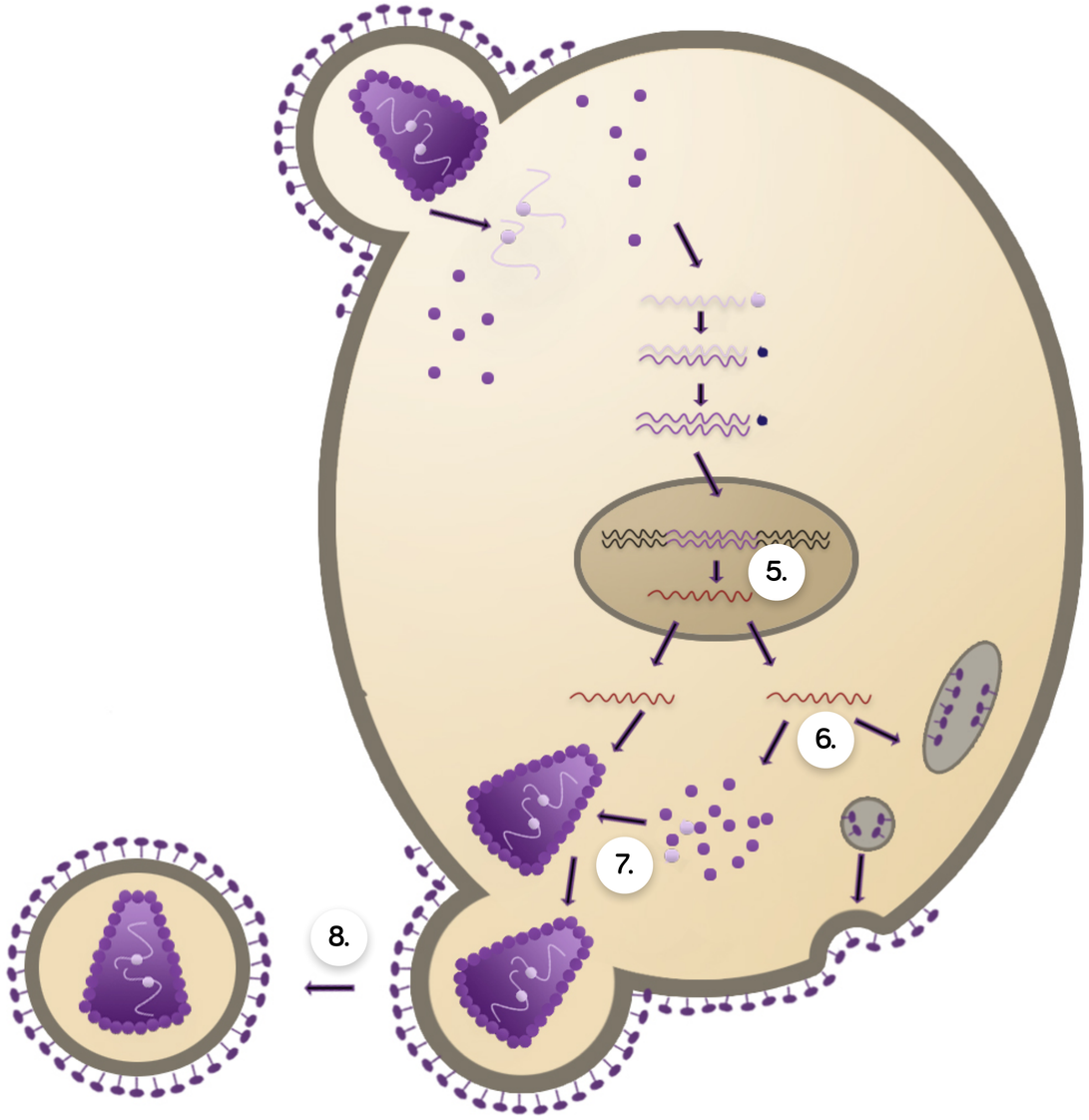
1. **Etap adsorpcji**: Receptory komórkowe zostają rozpoznane przez glikoproteiny osłonki wirusa. Osłonka wirusa ulega zlaniu z błoną komórkową komórki gospodarza.

2. **Etap wnikania**: Wirus bez lipidowej osłonki zawierającej glikoproteiny wnika do wnętrza komórki. Kapsyd pod wpływem enzymów ulega rozpadowi, następnie zostaje uwolniony materiał genetyczny wirusa.

3. **Odwrotna transkrypcja**: w przypadku retrowirusów, a takim jest wirus HIV następuje proces odwrotnej transkrypcji czyli enzym odwrotna transkryptaza na podstawie RNA wirusa syntetyzuje pojedynczą nić kwasu DNA **do której komplementarnie dobudowywana jest druga nić**. DNA ulega przemieszczeniu do jądra komórkowego gospodarza.

4. **Etap integracji**: Wirusowy DNA za pomocą **enzymu integraza** zostaje wbudowany w DNA komórki gospodarza jako **prowirus**. W tym stanie, czyli **w stanie utajenia prowirus nie wywołuje żadnych objawów chorobowych.** Trwa w komórkach odpornościowych, nie wywołując objawów choroby AIDS.

CYKL INFEKCYJNY WIRUSA HIV

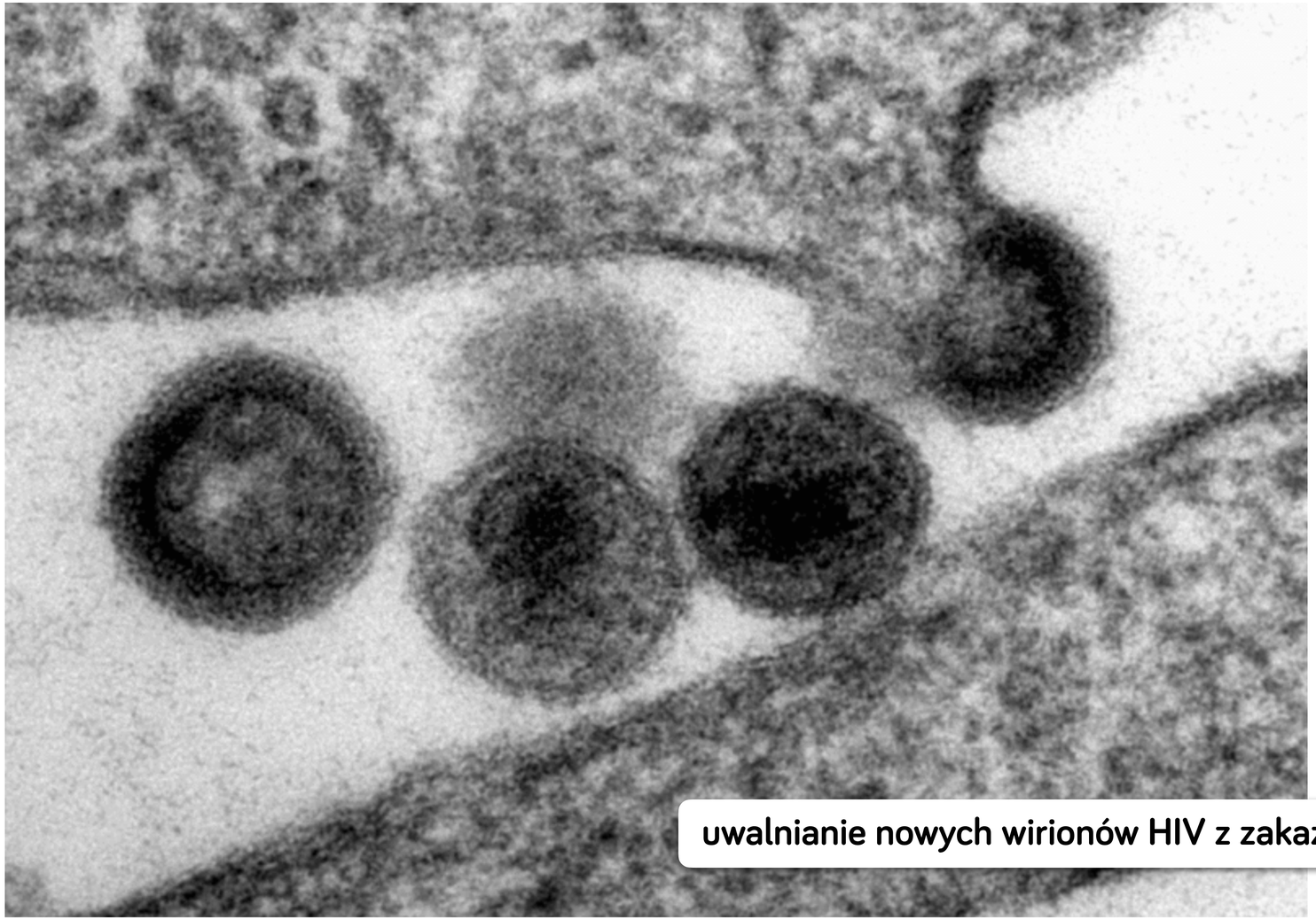


5. **Etap transkrypcji**: Zachodzi synteza wirusowego RNA na matrycy zintegrowanego DNA. Wirusowy RNA opuszcza jądro komórkowe.

6. **Etap translacji**: Na rybosomach komórki gospodarza zachodzi synteza białek wirusowych (elementy składowe kapsydu, osłonki - glikoproteiny oraz enzymy wirusa).

7. **Etap składania**: Z elementów składowych powstają kopie wirusa.

8. **Etap uwolnienia**: Wirus opuszcza komórkę gospodarza, która **nie ulega zniszczeniu (lizie), ale wytwarza nowe wiriony**, które mogą atakować kolejne komórki. Wirus opuszcza zainfekowaną komórkę otoczony **osłonką powstałą z błony komórkowej komórki gospodarza – ale ze swoimi glikoproteinami.**



uwalnianie nowych wirionów HIV z zakażonego limfocytu

DLACZEGO WIRUS HIV JEST TAK TRUDNY DO ZWALCZENIA PRZEZ UKŁAD ODPORNOŚCIOWY?



Wirus HIV posiada:

- osłonkę lipidową - **pochodzi ona od błony komórkowej zainfekowanego limfocytu**, gdyż wirus nabywa ją, gdy opuszcza komórkę po zakończonym cyklu

  → **komórki układu odpornościowego nie traktują jej w całości jako obcej**

- **glikoproteiny w osłonce lipidowej** - białka te charakteryzują się **wysoką zmiennością** (w każdym kolejnym cyklu mają nieco zmienioną sekwencję aminokwasów, a więc i swój kształt), **przez co są trudniej rozpoznawalne przez wytworzone przeciwko nim przeciwciała**.

DLACZEGO WIRUS HIV JEST TAK TRUDNY DO ZWALCZENIA PRZEZ UKŁAD ODPORNOŚCIOWY?

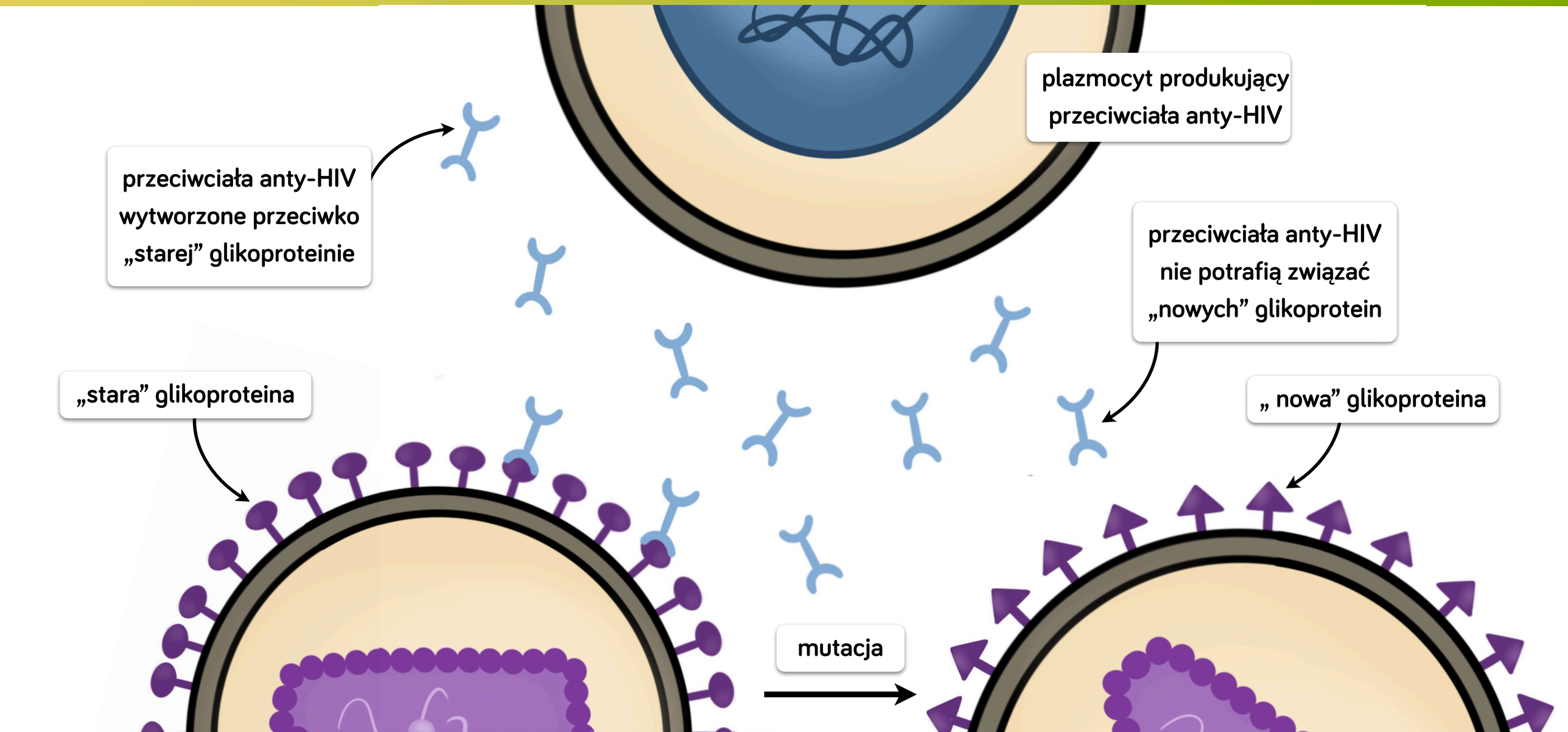


Wysoka zmienność glikoprotein spowodowana jest działaniem **odwrotnej transkryptazy**, która podczas procesu odwrotnej transkrypcji **robi wiele błędów i ich nie naprawia**. Skutkuje to tym, że w każdym cyklu powstały mRNA wirusa jest nieco inny, a co za tym idzie, wytworzone na jego podstawie glikoproteiny mogą mieć inną kolejność aminokwasów w białku.

Przeciwciała wytworzone na daną glikoproteinę mogą nie być skuteczne na inne glikoproteiny powstałe w kolejnych cyklach (małe dopasowanie kształtu glikoprotein i kształtu przeciwciał i ich trudniejsze wiązanie).

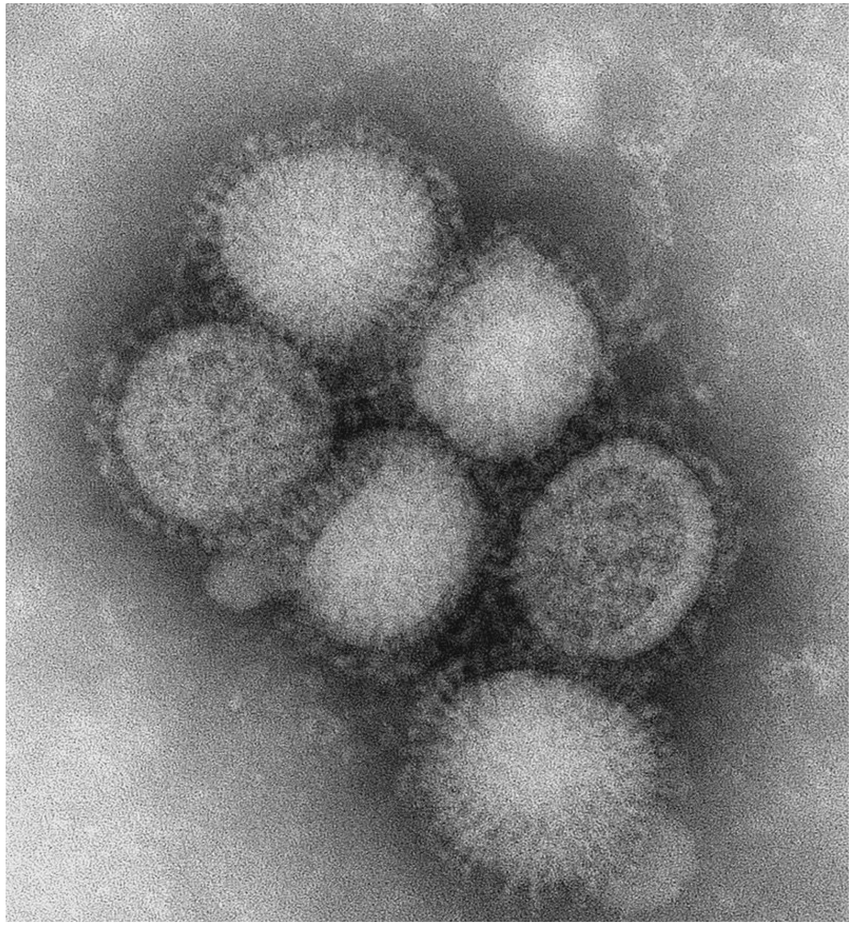
Układ odpornościowy po prostu nie nadąża z produkcją przeciwciał na ciągle zmieniające się glikoproteiny.

DLACZEGO WIRUS HIV JEST TAK TRUDNY DO ZWALCZENIA PRZEZ UKŁAD ODPORNOŚCIOWY?



CHOROBY WIRUSOWE

GRYPA



wirus grypy (spod mikroskopu elektronowego)

- wywołana przez **wirusa grypy**
- przenosi się drogą **kropelkową**
- profilaktyka: coroczne **szczepienia ochronne, unikanie kontaktu z ludźmi chorymi** na grypę, **unikanie dużych skupisk ludzi**

? WYJAŚNIJ DLACZEGO ... ?



Wyjaśnij dlaczego na grypę powinno się szczepić co roku, chcąc uniknąć zachorowania?

.....

.....

.....



? WYJAŚNIJ DLACZEGO ... ?



Wyjaśnij dlaczego na grypę powinno się szczepić co roku, chcąc uniknąć zachorowania?

Wirus grypy często mutuje i zmienia swój materiał genetyczny, dlatego szczepienia na grypę należy wykonywać co roku, bo podanie szczepionki na dany szczep wirusa grypy powoduje powstanie przeciwciał skierowanych tylko przeciwko antygenom tego szczepu. Gdy dany szczep wirusa zmutuje, to wcześniej wytworzone przeciwciała nie będą skuteczne na antygeny nowego, zmutowanego szczepu wirusa.

ODRA



wysypka to charakterystyczny objaw odry

- wywołana przez wirusa odry
- przenosi się drogą **kropelkową**
- profilaktyka: **szczepienia ochronne,** unikanie kontaktu z chorymi na odrę

WIRUSOWE ZAPALENIE WĄTROBY TYPU A (WZW A)





- wywołana przez **wirusa zapalenia wątroby typu A - HAV**
- przenosi się drogą **pokarmową**
- profilaktyka: **szczepienia ochronne,** zachowanie podstawowych zasad higieny (np. mycie rąk przed posiłkiem)

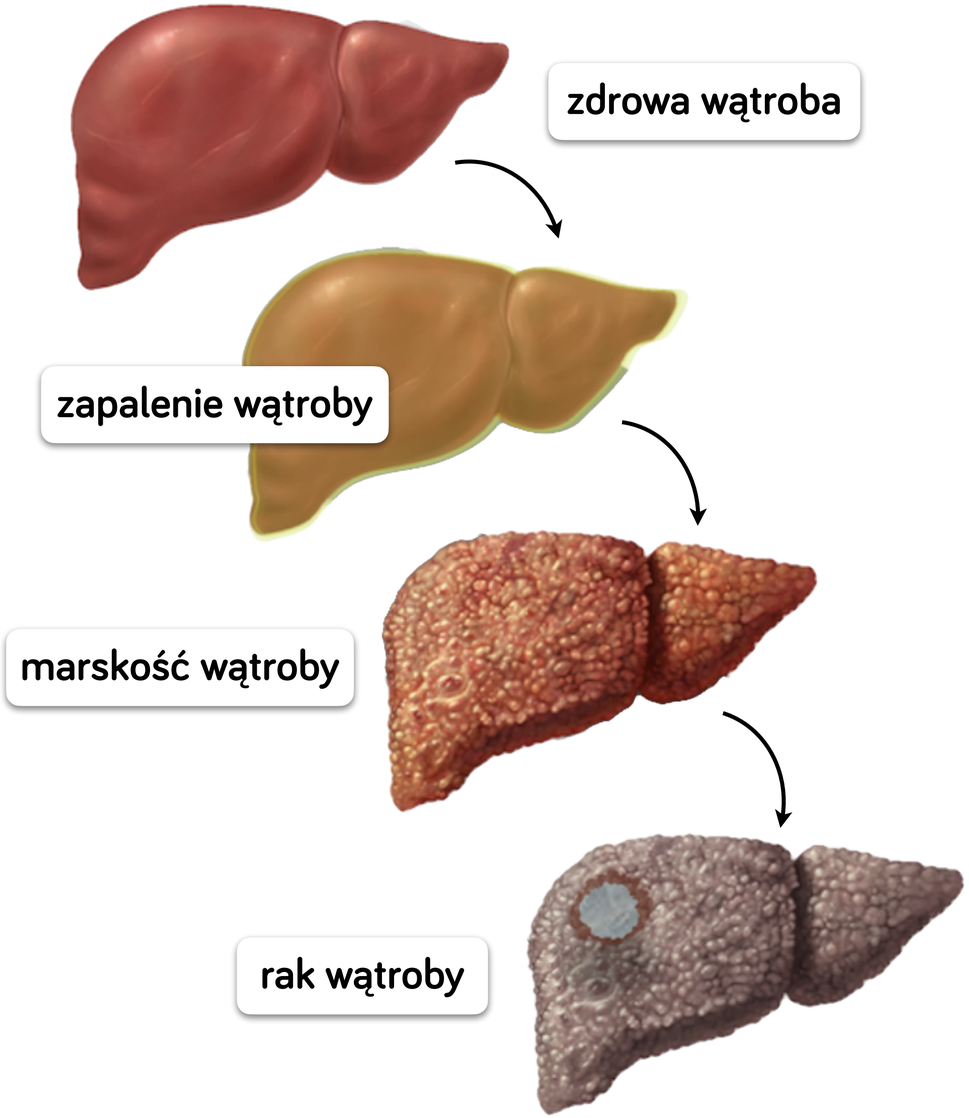
WIRUSOWE ZAPALENIE WĄTROBY TYPU B (WZW B)



żółtaczka to jeden z objawów WZW B

- wywołana przez **wirusa zapalenia wątroby typu B** - **HBV**
- przenosi się drogą **płciową oraz przez krew** (podobnie jak wirus HIV)
- profilaktyka: **szczepienia ochronne**, stosowanie prezerwatyw, sterylizacja narzędzi chirurgicznych, badanie dawców krwi na nosicielstwo HBV

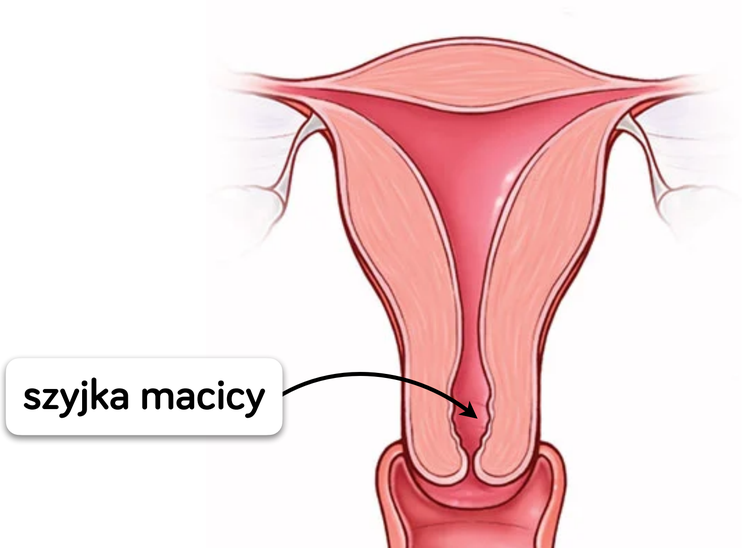
WIRUSOWE ZAPALENIE WĄTROBY TYPU C (WZW C)



- wywołana przez **wirusa zapalenia wątroby typu C - HCV**
- przenosi się przede wszystkim przez **krew**, rzadko drogą **płciową**
- profilaktyka: sterylizacja narzędzi chirurgicznych, badanie dawców krwi na nosicielstwo HCV, stosowanie prezerwatyw
- nie istnieje szczepionka

WIRUS HPV / BRODAWCZAKA LUDZKIEGO


brodawka skórna (kurzajka)



- istnieje **wiele typów** tego wirusa, niektóre typy powodują powstawanie skórnych **brodawek** i zmian na błonie śluzowej, a inne mogą powodować **nowotwory** (np. raka szyjki macicy, raka jamy ustnej i gardła) - takie typy nazywane są **onkogenne**
- **przenosi się przez bezpośredni kontakt ze skórą osoby zakażonej HPV oraz drogą płciową**
- profilaktyka: **szczepienia ochronne** (szczególnie dziewcząt i młodych kobiet), stosowanie prezerwatyw i unikanie kontaktów seksualnych z chorymi, przestrzeganie zasad higieny

METODY OBRONY ORGANIZMÓW PRZED WIRUSAMI



Organizmy wykształciły szereg mechanizmów, które mają za zadanie chronić przed infekcją wirusową, np.

- niektóre bakterie mają specjalne enzymy (**restryktazy**), które tną DNA faga
- produkcja **interferonu**, który uniemożliwia namnażanie się wirusów w komórkach, ponieważ hamuje syntezę białek wirusowych (interferon nie wykazuje również swoistości wirusowej)
- czasami jednokrotne przebycie choroby nadaje **trwałą odporność** (np. ospa wietrzna, różyczka)

W profilaktyce przed zachorowaniem wykorzystywane są **szczepionki** i **surowicę**.

Mechanizmy obronne mogą być nieskuteczne, ponieważ wiem wirusów **bardzo szybko mutuje**.

ZNACZENIE WIRUSÓW

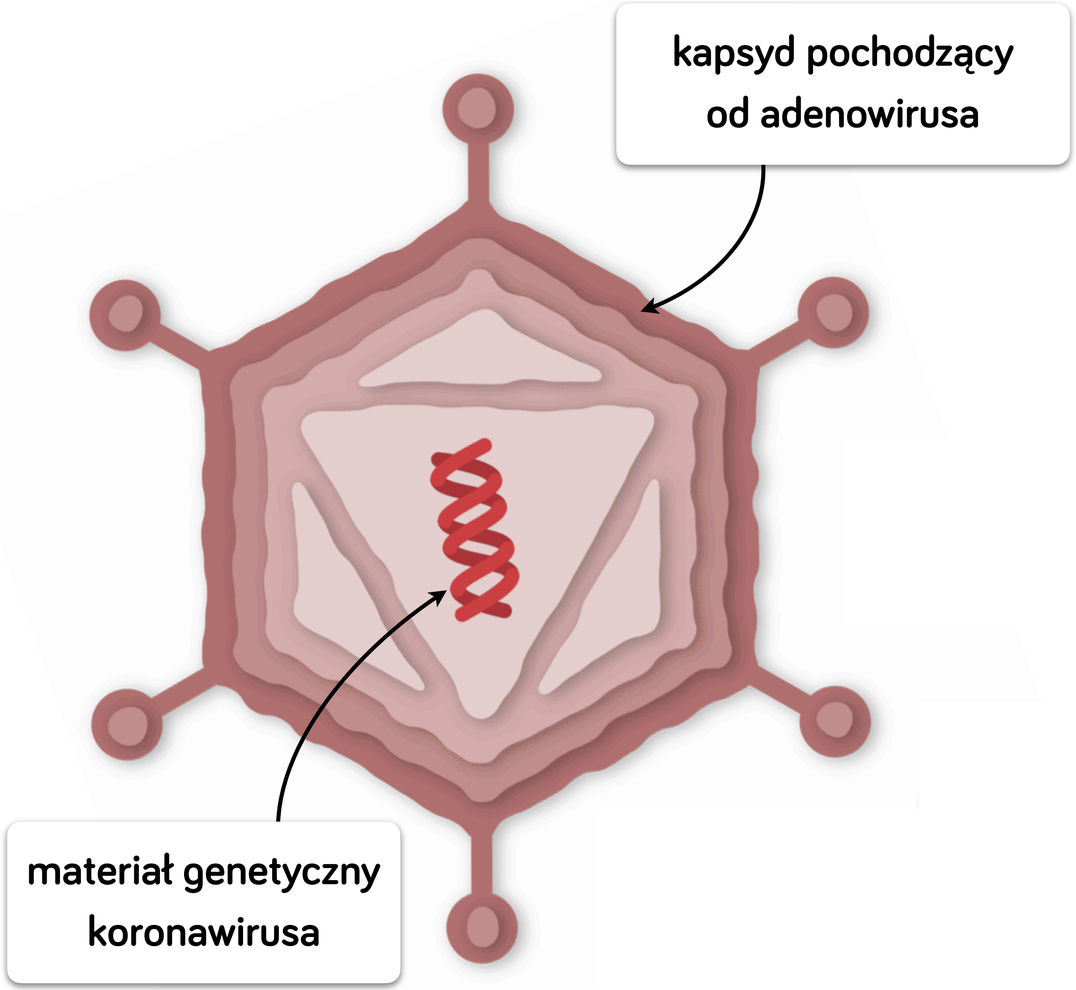
POZYTYWNE ZNACZENIE WIRUSÓW



- Są wykorzystywane do **produkcji szczepionek i surowic**
- W inżynierii genetycznej **wirusy zmodyfikowane** genetycznie mogą **przenosić i wprowadzać prawidłowe geny** do komórek z uszkodzonymi genami.
- **Bakteriofagi są używane do zwalczania bakterii chorobotwórczych**, szczególnie opornych na działanie antybiotyków.



do produkcji szczepionki AstraZenecca przeciwko koronawirusowi wykorzystano kapsyd adenowirusa, który pełni funkcję wektora



NEGATYWNE ZNACZENIE WIRUSÓW



- Wywołują **choroby** u roślin i zwierząt, w tym człowieka.
- **Bakteriofagi wywołujące infekcje bakterii uczestniczących w krążeniu azotu w przyrodzie** (bakterie brodawkowe) przyczyniają się do obniżenia plonów.
- **Bakteriofagi atakujące bakterie wykorzystywane w przemyśle spożywczym** (m.in. fermentacyjnym) przynoszą straty w gospodarce człowieka.