

Bioelektroniczne mechanizmy  
oddziaływania niektórych czynników  
fizycznych otoczenia  
na procesy biologiczne

Andrzej Czyżewski  
(Biała Podlaska)

„Nurty i meandry  
Minikonferencja  
KUL, Lublin, 26 czerwca 2009 r.

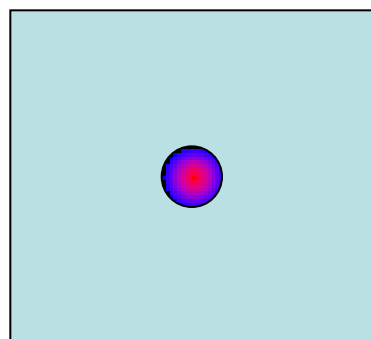
# Streszczenie

Znane są liczne mechanizmy powiązania zachodzącego pomiędzy procesami życiowymi zachodzącymi w komórce a stanem fizycznym jej bliższego i dalszego otoczenia, zarówno w przestrzeni międzykomórkowej, w komórkach sąsiadujących, w tkance i organizmie, jak i szerzej pojętym środowisku. Bioelektronika Włodzimierza Sedlaka jest propozycją, by zjawisko życia rozpatrywać jako sumę procesów chemicznych, ale także elektronicznych.

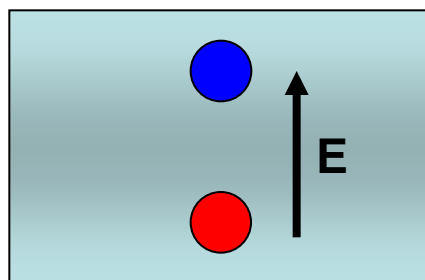
Funkcjonowanie jakiegokolwiek organizmu wiąże się ze zmianami sił oddziałujących na poszczególne części bioukładu oraz występowaniem związanych z tym naprężeń i odkształceń. Wyjaśnianie procesów życiowych powinno więc uwzględniać nie tylko chemiczne, ale także piezoelektryczne właściwości ważnych składników organizmu. Wewnątrz materiału mającego własności piezoelektryczne, poddanego siłom rozciągającym, ściskającym lub ścinaniu, pojawia się pole elektryczne; i odwrotnie – zjawieniu się pola elektrycznego w materiale piezoelektrycznym towarzyszy powstanie odkształceń lub naprężeń. Materiał piroelektryczny reaguje podobnie na zmiany temperatury. Wytworzone w ten sposób pole elektryczne oddziałuje na wszystkie, znajdujące się w pobliżu, naładowane elektrycznie obiekty (jony, cząsteczki polarne, elektrony, dziury), a także na struktury elektrycznie obojętne, indukując w nich moment dipolowy. Wielkość pola powstającego w materiale zależy nie tylko od wielkości i kierunku przyłożonych sił, ale także od jego budowy wewnętrznej na poziomie atomowym. Towarzyszące procesom życiowym zmiany temperatury wpływają także na funkcje błon biologicznych, których lipidowa matryca znajduje się w stanie ciekłokrystalicznym. Mające naturę elektroniczną zjawiska sprężenia pomiędzy bioukładem a zewnętrznymi i wewnętrznymi bodźcami natury elektromagnetycznej, mechanicznej i termicznej powinny być uwzględniane w modelowaniu organizmów i ich części. Ich uwzględnienie wydaje się umożliwiać lepsze zrozumienie elementarnych procesów biologicznych.

# Naprężenia i deformacje w ośrodku piezoelektrycznym.

Odształceniu / naprężeniu piezoelektryka towarzyszy pole elektryczne.



Przed deformacją



Po deformacji

- Środek gęstości ładunku +
- Środek gęstości ładunku -

Odształcenie powoduje takie przemieszczenie jonów tworzących sieć krystaliczną, że środki gęstości ładunków przeciwnych znaków nie pokrywają się.

W odkształconym / naprężonym piezoelektryku powstaje pole elektryczne.

Po ustąpieniu deformacji / naprężenia pole elektryczne zanika.

## Streszczenie

Znane są liczne mechanizmy powiązania zachodzącego pomiędzy procesami życiowymi zachodzącymi w komórce a stanem fizycznym jej bliższego i dalszego otoczenia, zarówno w przestrzeni międzykomórkowej, w komórkach sąsiadujących, w tkance i organizmie, jak i szerzej pojętym środowisku.

Bioelektronika Włodzimierza Sedlaka jest propozycją, by zjawisko życia rozpatrywać jako sumę procesów chemicznych, ale także elektronicznych.

Funkcjonowanie jakiegokolwiek organizmu wiąże się ze zmianami sił oddziałujących na poszczególne części bioukładu oraz występowaniem związanych z tym naprężeń i odkształceń. Wyjaśnianie procesów życiowych powinno więc uwzględniać nie tylko chemiczne, ale także piezoelektryczne właściwości ważnych składników organizmu.

Wewnątrz materiału mającego własności piezoelektryczne, poddanego siłom rozciągającym, ściskającym lub ścinaniu, pojawia się pole elektryczne; i odwrotnie – zjawieniu się pola elektrycznego w materiale piezoelektrycznym towarzyszy powstanie odkształceń lub naprężeń. Materiał piroelektryczny reaguje podobnie na zmiany temperatury. **Streszczenie**

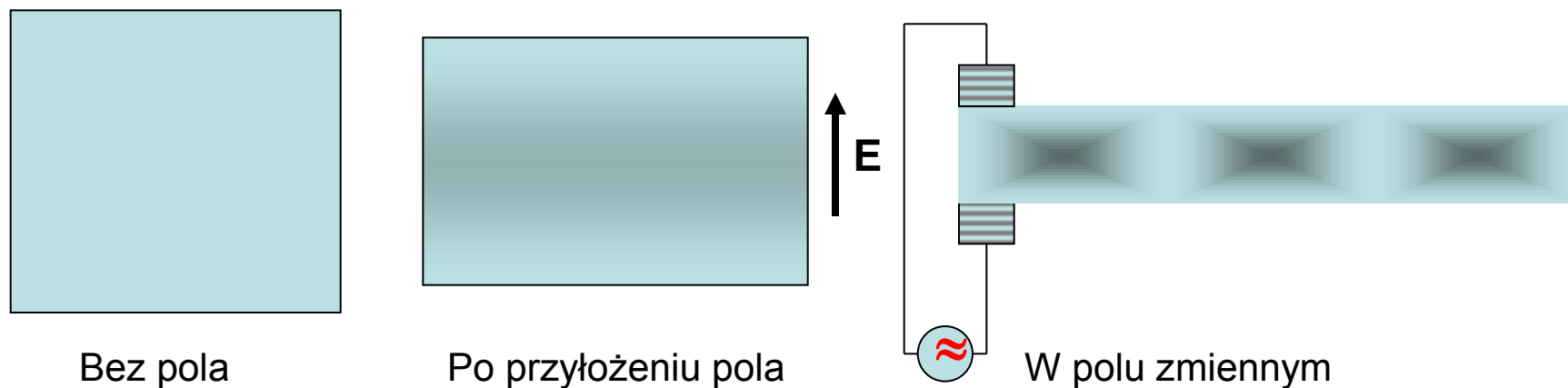
Znane są liczne mechanizmy powiązania zachodzącego pomiędzy procesami życiowymi zachodzącymi w komórce a stanem fizycznym jej bliższego i dalszego otoczenia, zarówno w przestrzeni międzykomórkowej, w komórkach sąsiadujących, w tkance i organizmie, jak i szerzej pojętym środowisku.

Bioelektronika Włodzimierza Sedlaka jest propozycją, by zjawisko życia rozpatrywać jako sumę procesów chemicznych, ale także elektronicznych.

Funkcjonowanie jakiegokolwiek organizmu wiąże się ze zmianami sił oddziałujących

# Odwrotny efekt piezoelektryczny

Przyłożenie pola elektrycznego do piezoelektryka powoduje jego deformację.



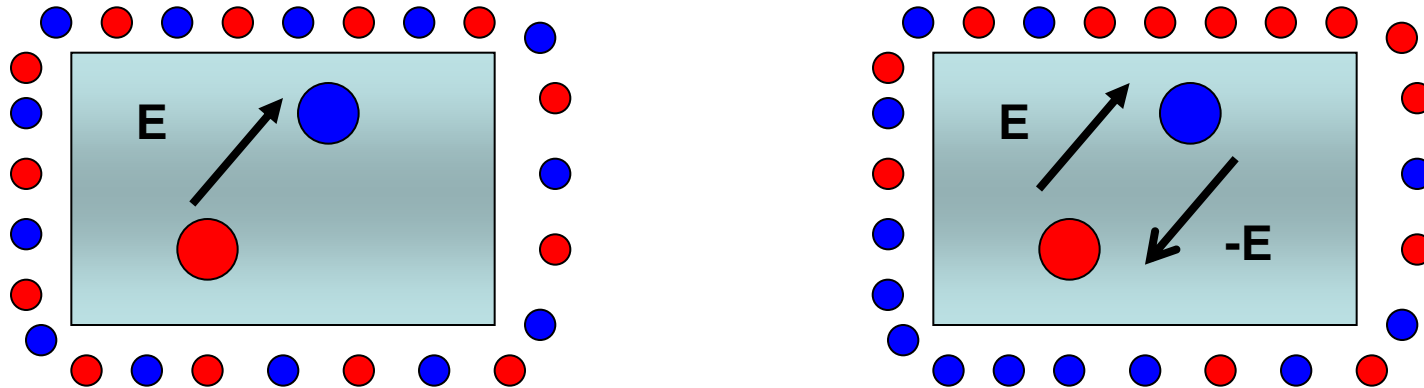
W polu elektrycznym piezoelektryk odkształca się.

Po ustąpieniu pola elektrycznego odkształcenie to zanika.

**Zmienne pole elektryczne pobudza piezoelektryk do drgań i może być źródłem fali mechanicznej.**

# Naprężenia i deformacje w ośrodku piezoelektrycznym w obecności elektrolitu.

Odształceniu / naprężeniu piezoelektryka towarzyszy prąd elektryczny.

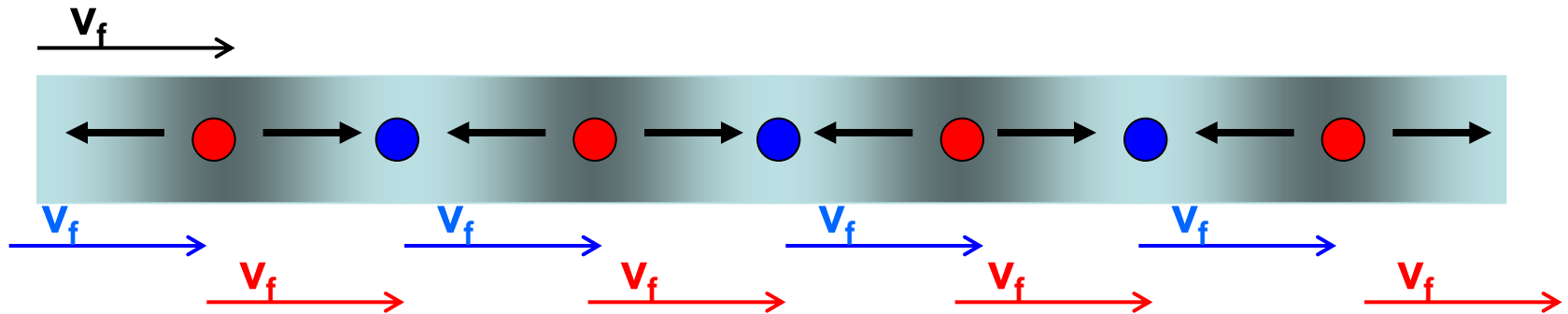


Jeśli w otoczeniu lub strukturze piezoelektryka istnieją ładunki posiadające swobodę ruchu, np. jony obecne wskutek zawilgocenia elektrolitem, w powstałym polu elektrycznym przemieszczą się one tak, aby pole to skompensować.

Po odkształceniu piezoelektryka przez krótką chwilę płynąć będzie prąd elektryczny przemieszczających się w elektrolicie jonów.

Dostatecznie krótkotrwałe odkształcenie nie zdąży wprowadzić jonów w ruch; prąd przemieszczających się jonów nie wystąpi, a pole elektryczne wynikłe wskutek odkształcenia nie zostanie skompensowane.

# Fala mechaniczna w ośrodku piezoelektrycznym



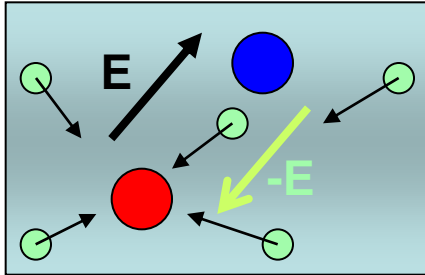
Fali mechanicznej biegnącej w ośrodku piezoelektrycznym towarzyszą lokalne pola elektryczne. Są one związane z deformacjami powodowanymi przez falę.

Pola te podążają wraz z falą.

Energia dostarczona do ośrodka przez źródło fali przemieszcza się częściowo w postaci energii mechanicznej, a częściowo – energii pól elektrycznych.

Podział energii między te dwie formy zależy od właściwości ośrodka.

# Piezoelektryczny półprzewodnik



● - elektron

**W półprzewodnikach istnieją także inne niż jony nośniki ładunku. Są to elektrony.**

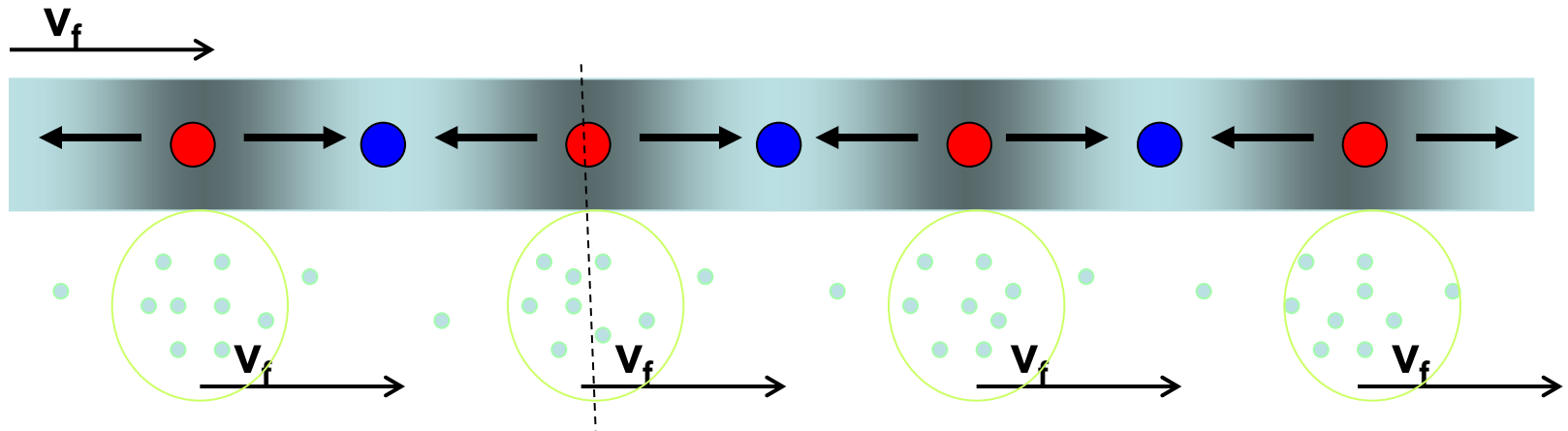
Ich zachowanie zależy od oddziaływania z atomami półprzewodnika, niekiedy łatwiej jest opisywać ruch „miejsc po elektronach” – dziur – niż samych elektronów.

**Ruchliwość elektronów w półprzewodniku jest większa niż jonów w elektrolicie, ponieważ mają one znacznie mniejszą masę i rozmiary.**

**Po gwałtownej (szybko narastającej) lub krótkotrwałej deformacji ośrodka popłynie prąd elektronów kompensujący powstałe pole elektryczne, zanim zdążą poruszyć się jony w elektrolicie.**



# Fala mechaniczna w piezoelektrycznym półprzewodniku



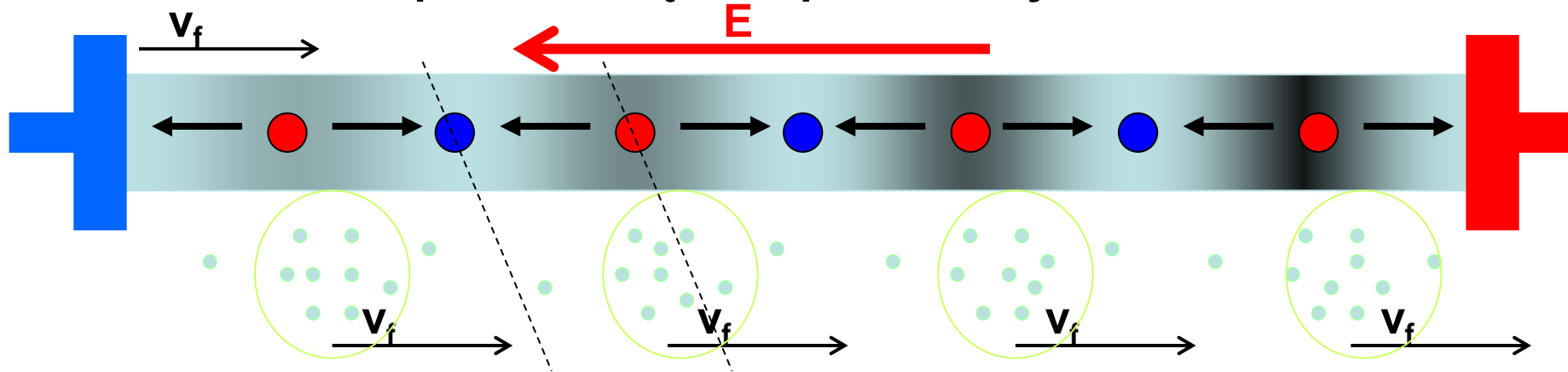
Jeśli ośrodek oprócz piezoelektrycznych ma także właściwości półprzewodzące, należy uwzględnić istnienie swobodnych elektronów, znacznie bardziej ruchliwych niż jony.

Fali mechanicznej biegnącej w piezoelektrycznym półprzewodniku towarzyszą lokalne pola elektryczne związane z deformacjami powodowanymi przez falę.

Pola te powodują **skupianie swobodnych elektronów w grupy**. Dotychczas rozłożone równomiernie, w obecności fali gromadzą się w miejscach o najwyższym potencjale i **podążają wraz z falą, tworząc prąd elektryczny**.

**Energia dostarczona do ośrodka przez źródło fali przemieszcza się w postaciach: mechanicznej, pól elektrycznych i prądu elektrycznego.**

# Wzmocnienie i tłumienie fali mechanicznej w piezoelektrycznym półprzewodniku przez zewnętrzne pole elektryczne



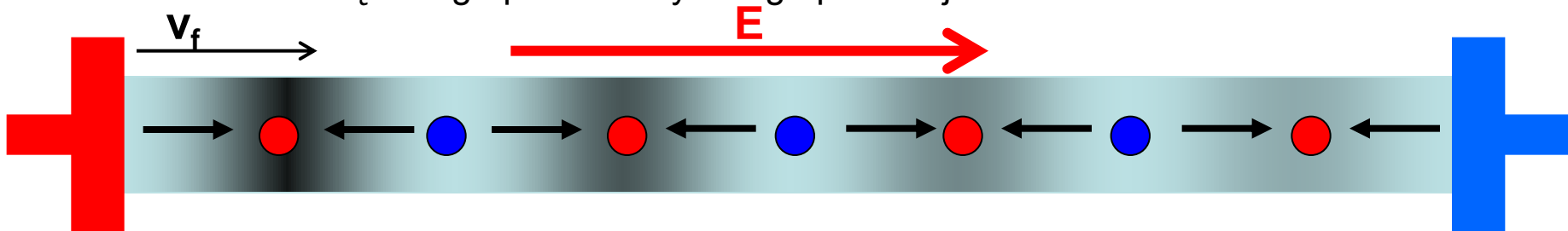
Fali mechanicznej biegnącej w piezoelektrycznym półprzewodniku towarzyszą grupy elektronów uformowane przez lokalne pola elektryczne związane z falą.

Elektrony uczestniczą jednocześnie w ruchu wywołanym zewnętrznym polem elektrycznym. **Wyprzedzają falę powodując wstępne odkształcenie ośrodka** ułatwiające przejście fali.

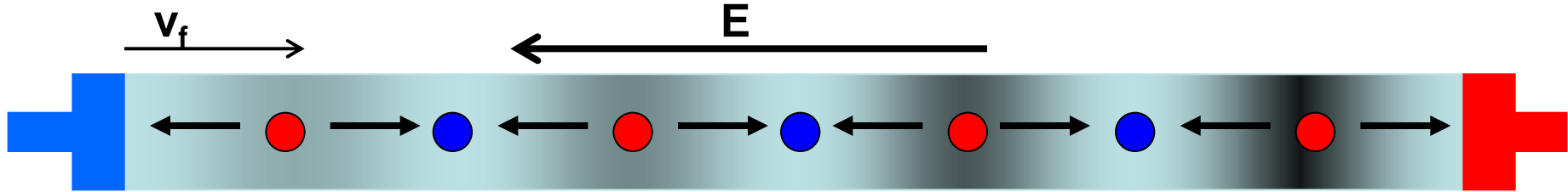
Energia dostarczona swobodnym elektronom przez zewnętrzne pole elektryczne przekazywana jest za pośrednictwem ośrodka do fali mechanicznej.

**Fala mechaniczna jest wzmacniana kosztem zewnętrznego pola elektrycznego.**

Odwrócenie zewnętrznego pola elektrycznego powoduje wzrost tłumienia fali.



## Wzbudzanie fali mechanicznej w piezoelektrycznym półprzewodniku w obecności zewnętrznego pola elektrycznego - generator fali



Wzmocnienie fali mechanicznej przez pole elektryczne zależy od częstotliwości drgań w fali. Istnieje optymalne pasmo częstotliwości, dla którego wzmocnienie jest największe.

W ośrodku zawsze istnieją szumy cieplne - niewielkie drgania mechaniczne w szerokim paśmie częstotliwości.

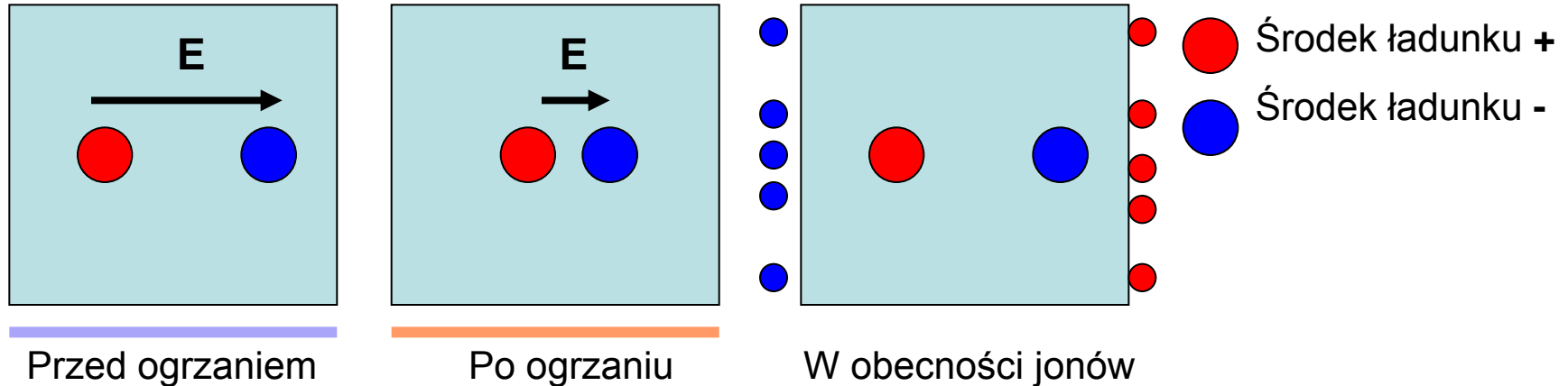
Jeśli współczynnik wzmocnienia jest w pewnym paśmie częstotliwości wystarczająco duży – szumy cieplne w tym paśmie zostaną wzmocnione. Na wyjściu wzmacniacza pojawi się fala mechaniczna.

**Koszt energii zewnętrznego pola elektrycznego wzbudzana jest fala mechaniczna.**

# Piroelektryczność

W piroelektryku środki gęstości ładunków przeciwnych znaków nie pokrywają się, wskutek tego istnieje w nim ciągle pole elektryczne, także jeśli nie jest on odkształcony ani naprężony.

Zmianie temperatury piroelektryka towarzyszy zmiana jego pola elektrycznego.

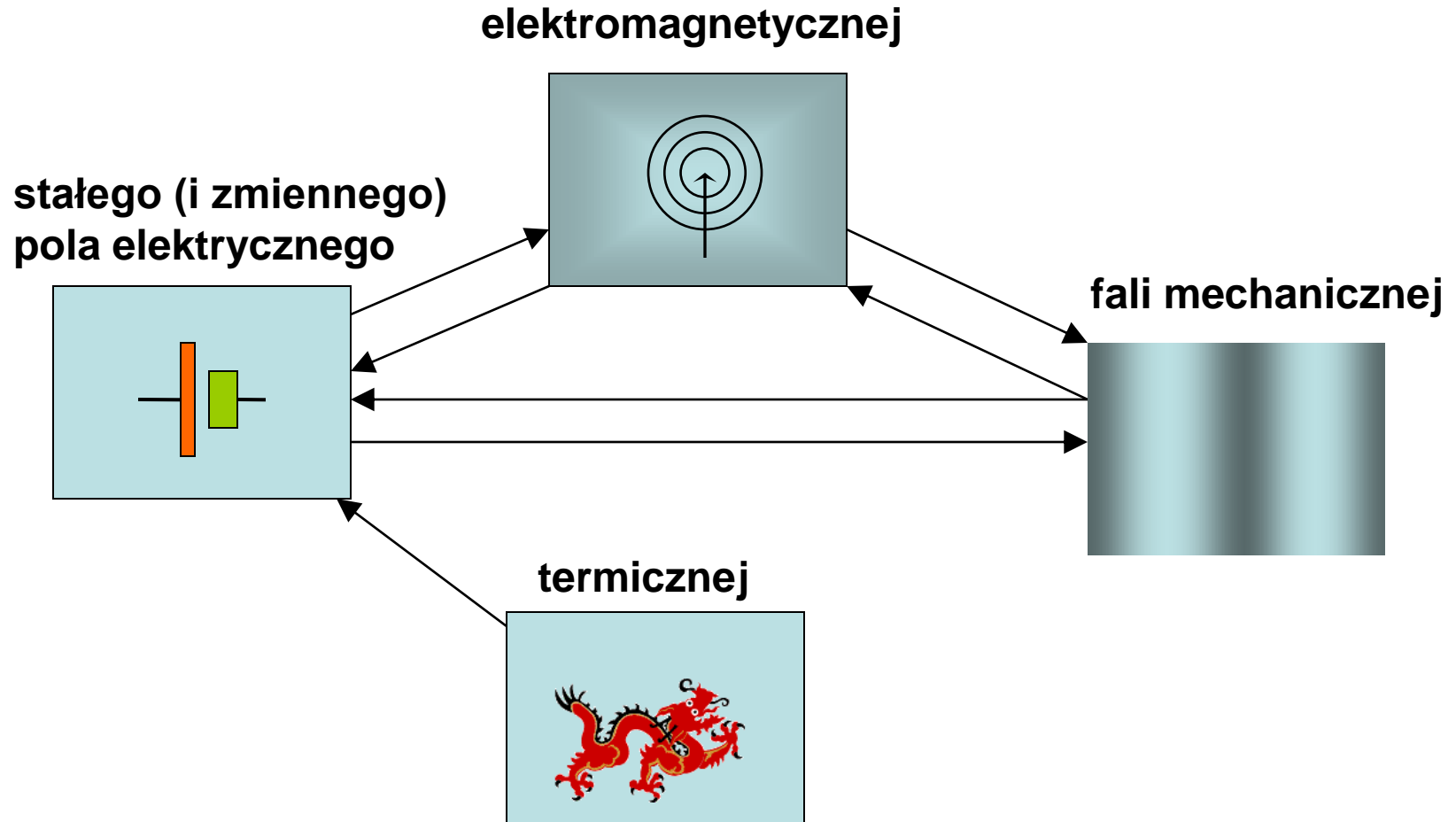


Kiedy piroelektryk znajduje się w środowisku wilgotnym – a tak właśnie jest wewnątrz żywych organizmów – pole piroelektryka powoduje ruch najbliższych jonów; przesuwają się one tak, aby znieść pole piroelektryka .

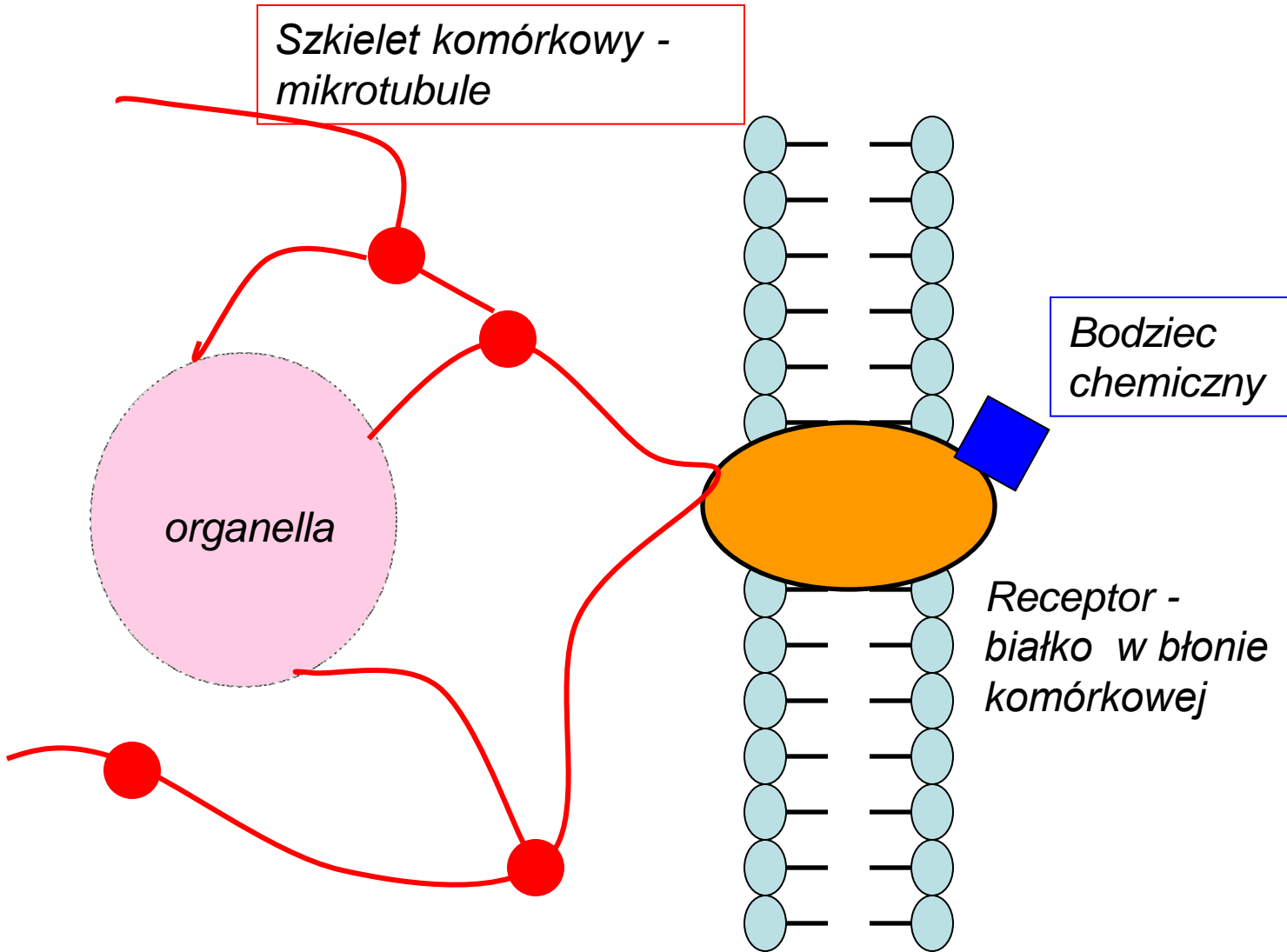
Zmianom temperatury towarzyszy prad jonów dopływających lub odpływających z powierzchni piroelektryka.

# Reasumując:

**Piezoelektryczność, piroelektryczność i półprzewodnictwo białek jest podstawą mechanizmu wzajemnej przemiany energii różnych postaci:**



# Drgania mechaniczne białek jako środek komunikacji wewnątrz komórki i między komórkami



Do znajdującego się w błonie komórkowej receptora białkowego dociera z zewnątrz i przyłącza się cząsteczka specyficznego mediatora; zmiana kształtu cząsteczki białka – receptora powoduje drgania jego fragmentów z częstotliwością ściśle zależną od przyłączonego ligandu – *bodziec chemiczny*

Drganie cząsteczki receptora dociera do jej rejonu znajdującego się wewnątrz komórki, połączonego z polipeptydowymi łańcuchami szkieletu komórkowego i rozchodzi się wzdłuż nich w postaci fali mechanicznej – *przewodzenie informacji*

Fala dociera do organelli i wprawia w drgania rezonansowe makrocząsteczki wpływając na ich funkcjonalność. Działanie organelli zmienia się, np. może zostać podjęta lub zaniechana zakodowana genetycznie synteza substancji, podział komórki, zmiana przepuszczalności błony, zmiana długości włókien kurczliwych – *reakcja biologiczna*

Wbudowane w błonę komórkową białko może też zostać wprawione w drgania przez **falę mechaniczną** docierającą od sąsiedniej komórki lub z przestrzeni międzykomórkowej – ***bodziec mechaniczny***. Nastąpi *reakcja biologiczna mimo braku bodźca chemicznego*.

## **Piezoelektryczne i półprzewodzące właściwości białek sprawiają, że**

- falę mechaniczną można też wzbudzać wzmacniając szумы własne wzmacniacza
- na propagację fali mechanicznej mają wpływ lokalne pola elektryczne, mogące falę tę wzmacniać i zwiększać jej zasięg albo tłumić i zasięg ten zmniejszać
- falę mechaniczną można wzbudzać zmiennym polem elektrycznym, np. składową elektryczną fali elektromagnetycznej

## **Omówione mechanizmy stwarzają możliwość:**

- zrozumienia nietermicznego wpływu pól elektrycznych i innych pól fizycznych na funkcjonowanie organizmu,
- opracowanie sposobów wpływania bodźcami elektrycznymi na procesy biologiczne zachodzące na poziomie subkomórkowym, komórkowym i tkankowym.