

Biofizyka

(1100-114BFIZ11)

Jan M. Antosiewicz

**Zakład Biofizyki
Instytut Fizyki Doświadczalnej
Wydział Fizyki UW**

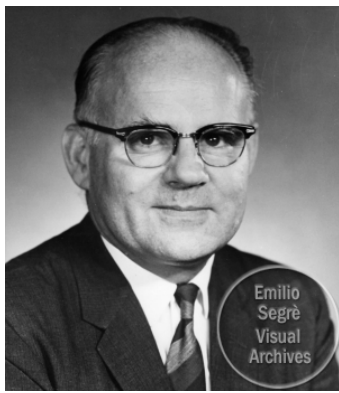
wykład 1

18 lutego, 2025

**Biofizyka jako dziedzina nauk przyrodniczych,
jej dawne i współczesne problemy,
prezentacja koncepcji Wykładu**

<http://www.fuw.edu.pl/~jantosi/>

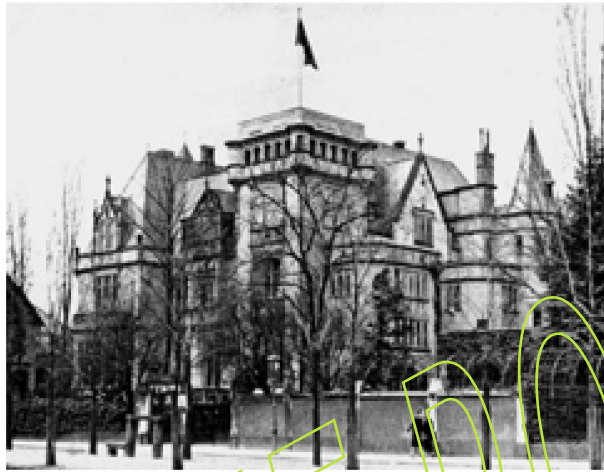
jantosi@fuw.edu.pl



Allen L. King, *Biotics, the Physics of Life*, *American Journal of Physics* tom 12, str. 373, (1944):

Fizycy powinni zaakceptować pogląd, że życie jest fizyczną właściwością pewnych klas materii i że prawa życia są podstawowymi prawami fizyki.

Termin „biofizyka” nabrał znaczenia fizyki stosowanej w biologii, a nie fizyki samego życia. Pomocne byłoby przyjęcie odrębnego określenia na „fizykę życia”. W tym celu można z powodzeniem zaakceptować „biotykę”.

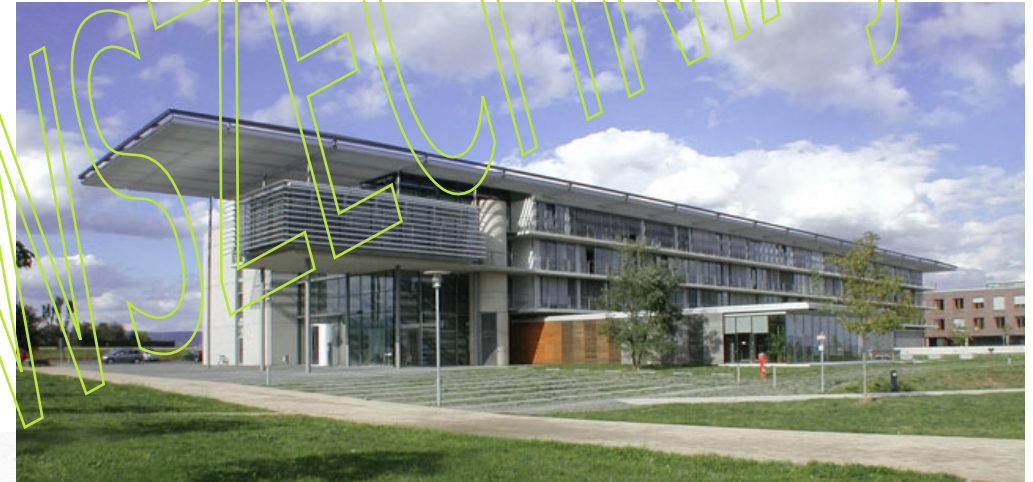


1921 – Institut für physikalische Grundlagen der Medizin, Frankfurt am Main, Dyrektorzy: 1921-1934 Friedrich Dessauer; 1934-1966 Boris Rajewski

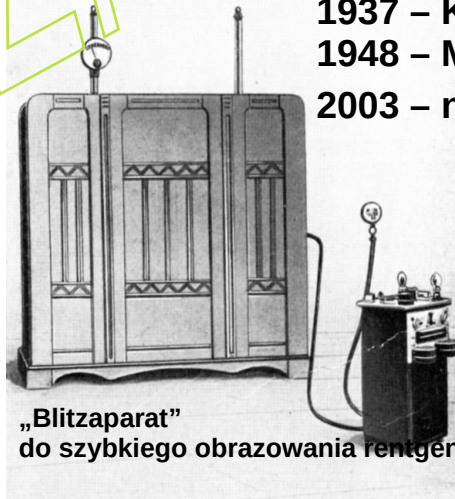
1923 – Boris Rajewski utworzył termin „Biofizyka”, stąd zmiana nazwy Instytutu.



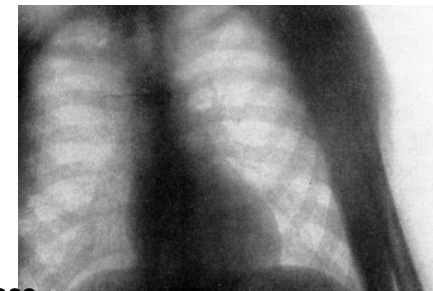
Friedrich Dessauer (1881-1963)



1937 – Kaiser-Wilhelm-Institut für Biophysik
1948 – Max-Planck-Institut für Biophysik
2003 – nowa siedziba



„Blitzapparat” do szybkiego obrazowania rentgenowskiego, 1909



Zdjęcie rentgenowskie bijącego serca, czas ekspozycji 3/100 sek.

AN INTRODUCTION
TO
BIOPHYSICS

BY
DAVID BURNS, M.A., D.Sc.
GRIEVE LECTURER ON PHYSIOLOGICAL CHEMISTRY IN THE
UNIVERSITY OF GLASGOW

WITH A FOREWORD BY
D. NOËL PATON, M.D., LL.D., F.R.S.
REGIUS PROFESSOR OF PHYSIOLOGY AND DIRECTOR OF THE
PHYSIOLOGICAL INSTITUTE, UNIVERSITY OF GLASGOW

With Eighty-five Illustrations



LONDON
J. & A. CHURCHILL
7 GREAT MARLBOROUGH STREET
1921

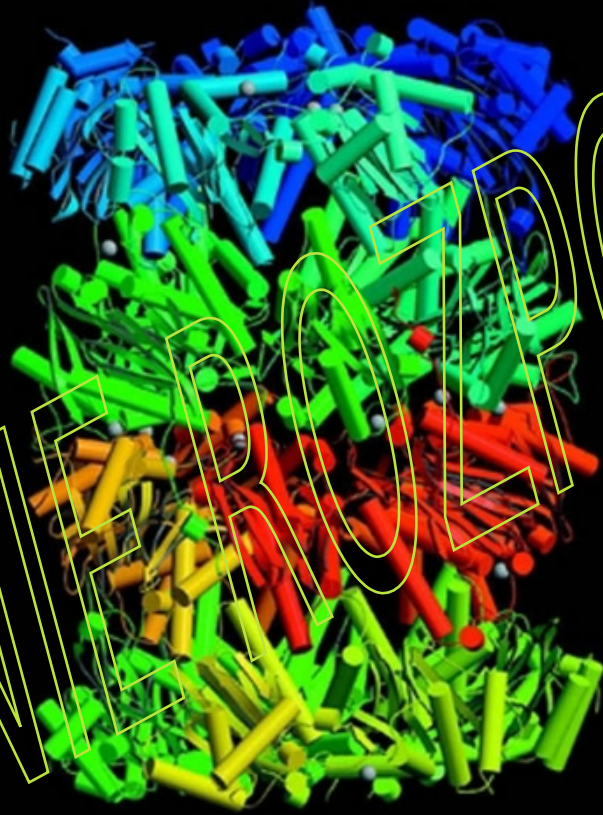
David Burns, wykładowca chemii fizjologicznej na Uniwersytecie w Glasgow, z UWAG WSTĘPNYCH: *“Niniejsza książka nie pretenduje do miana pełnego czy nawet systematycznego przeglądu biofizyki”*.

Diarmid Noel Paton, profesor fizjologii na Uniwersytecie w Glasgow, ze WSTĘPu: *“Pochodzenie żywej materii, jej wzrost i rozproszenie po całym świecie, jej cudowny i nieskończony rozwój i ewolucje oraz jej reakcje z otoczeniem można wyjaśnić w kategoriach fizyki i chemii. Jednak świadomość i jej związek z żywymi istotami na zawsze pozostaną tajemnicą, jaką była i jest”*.

WILEY

BIOPHYSICS

An Introduction



Rodney Cotterill

Prawdopodobnie nie będzie przesadą stwierdzenie, że wielu uważa biofizykę za dyscyplinę wciąż czekającą na odpowiednie zdefiniowanie. Wydaje się, że taki wniosek jest potwierdzają znaczne różnice między kilkoma publikacjami na ten temat cytowanymi na końcu tego rozdziału.

Rzeczywiście, jeśli chodzi o omawiane przez nich kwestie, ledwo pokrywają się one ze sobą. Należy to jednak traktować jako oznakę ogromnej mnogości zagadnień, które obecnie mieszczą się pod sztandarem biofizyki; nie można było rozsądnie oczekiwać, że jeden autor omówi je wszystkie.



Paul Dirac
(1902-1984)

We wstępie do swojej klasycznej pracy o monopole magnetycznym z 1931 r. (Proc. R. Soc. London, Ser. A, t. 133, strony 60-72) Paul Dirac zauważył:

Obecnie na rozwiązanie czekają podstawowe problemy fizyki teoretycznej, m.in. relatywistyczne sformułowanie mechaniki kwantowej i natury jąder atomowych (po nich nastąpią trudniejsze, takie jak problem życia), rozwiązanie których problemów będzie prawdopodobnie wymagało bardziej drastycznej rewizji naszych podstawowych pojęć niż jakiegokolwiek poprzednie.

Podzielił się Nagrodą Nobla w dziedzinie fizyki w 1933 r. z Erwinem Schrödingerem „za odkrycie nowych produktywnych form teorii atomu”.

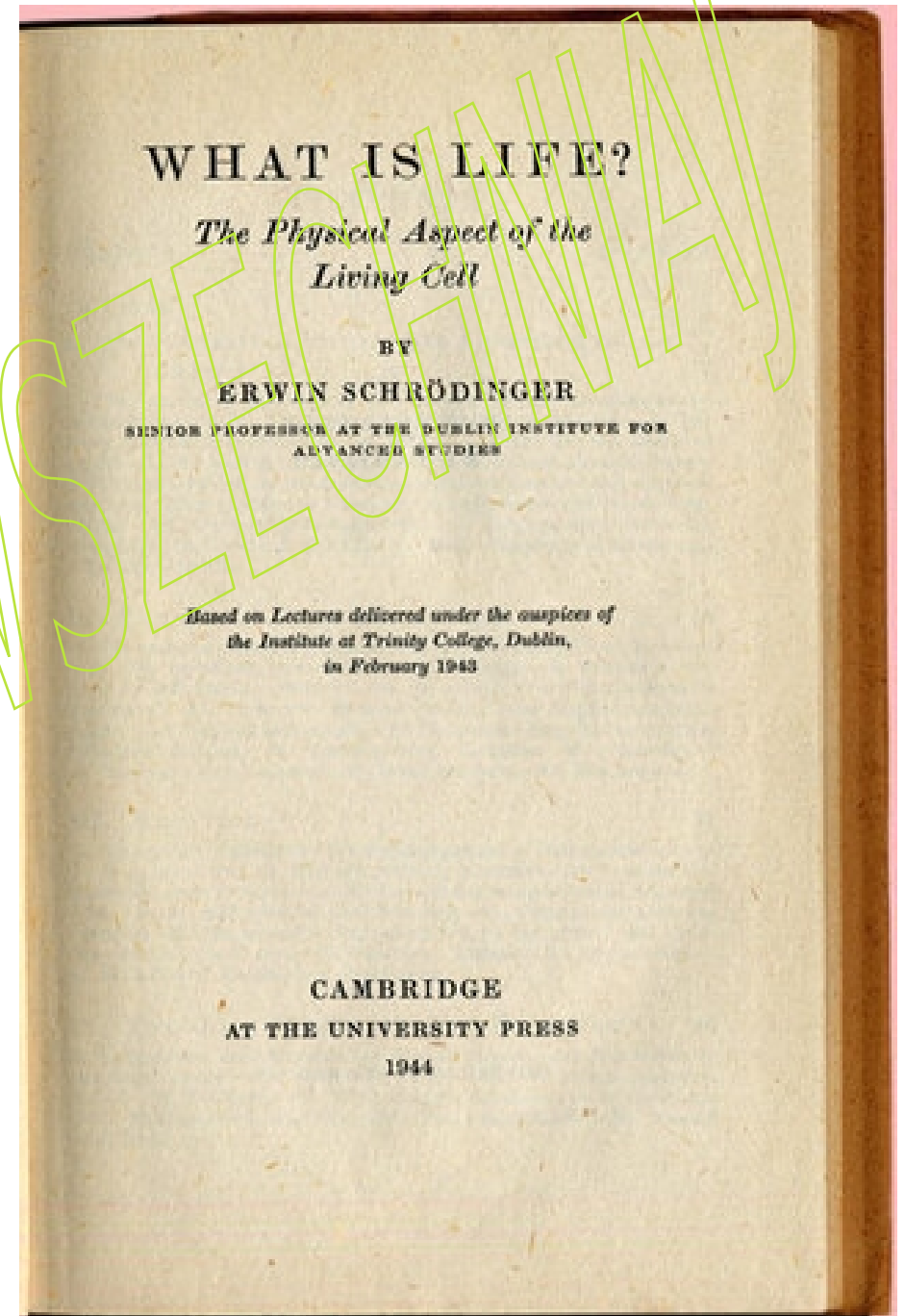
Dirac słynął z fanatycznej oszczędności w słowach; jego uwaga jest zatem prawdopodobnie czymś więcej niż tylko przelotną fantazją lub jednorazowym komentarzem. Dirac zakłada, że natura życia jest fundamentalnym i centralnym pytaniem nie tylko dla biologów, ale także fizyków. Jednak w atmosferze rewolucji kwantowej pogląd ten nigdy nie został powszechnie przyjęty i tylko niewielka część społeczności fizyków podjęła wyzwanie Diraca.

R. Phillips, S. R. Quake, The Biological Frontier of Physics, Physics Today, 59(5):38-43, 2006.

Erwin Schrödinger (1887-1961)



Duże, ważne i bardzo szeroko dyskutowane pytanie brzmi: w jaki sposób zdarzenia w przestrzeni i czasie, które mają miejsce w granicach przestrzennych żywego organizmu, mogą zostać wyjaśnione przez fizykę i chemię?



W 2019 roku przypadła 75. rocznica publikacji krótkiej książki Erwina Schrödingera *What Is Life?* opisane przez **Rogera Penrose'a** w przedmowie do przedruku tego klasyka jako „jeden z najbardziej wpływowych tekstów naukowych XX wieku”. mogłoby pomóc nam zrozumieć „wydarzenia w przestrzeni i czasie, które mają miejsce w granicach przestrzennych żywego organizmu”. Chociaż książka Schrödingera jest często chwalona za jej wpływ na niektórych tytanów, którzy stworzyli molekularną biologię, ten artykuł przyjął inną taktykę. Zamiast badać sposób, w jaki książka wywarła wpływ na biologów, takich jak James Watson i Francis Crick, a także jej krytyczny odbiór przez innych, takich jak Linus Pauling i Max Perutz, twierdzą, że klasyka Schrödingera jest ponadczasowym manifestem, a nie przestarzałą ciekawostką historyczną.

Czym jest życie? jest pełne aktualnych poglądów i podejść do zrozumienia tajemniczego, żywego świata, który nas obejmuje i otacza, i zamiast tego można go postrzegać jako “wezwanie do bronii”, aby stawić czoła wielkim wyzwaniom, na które nie ma odpowiedzi w badaniu żywej materii, które pozostają dla nauki XXI wieku.

Schrödinger's *What Is Life?* At 75

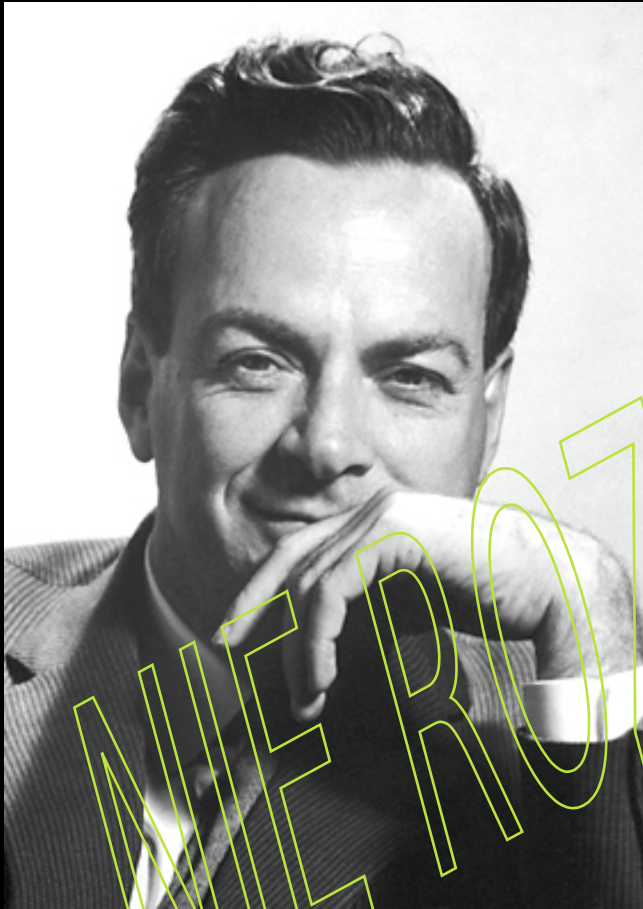
Rob Phillips

Cell Systems, 12:465-476 (2021)



Rob Brooks Phillips (ur. 1960) to amerykański biofizyk. Obecnie jest profesorem biofizyki, biologii i fizyki Freda i Nancy Morris w California Institute of Technology.

Profesor Phillips koncentruje się na biologii fizycznej komórki: modelach transkrypcji i materii aktywnej, genomach fizycznych i biofizycznych podejściach do ewolucji.

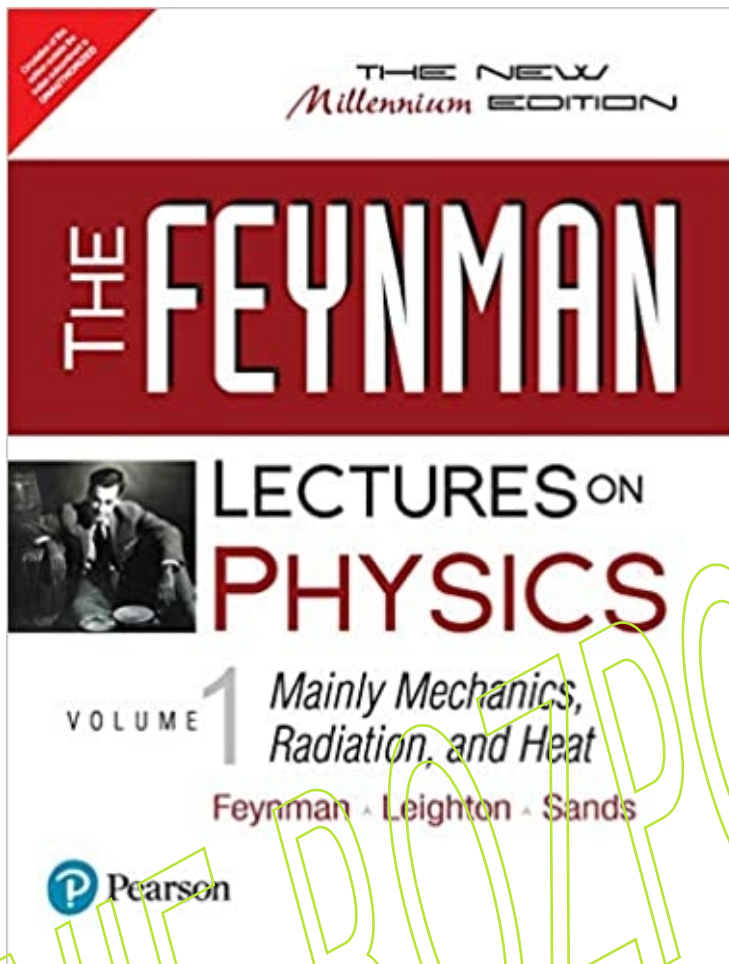


“... nie ma takiej czynności wykonywanej przez żywe istoty, której nie można by wyjaśnić korzystając z założenia, że składają się one z atomów, zachowujących się zgodnie z prawami fizyki”. Tom I, część 1, Warszawa, PWN 1974, str. 31, tłumaczenie Zofia Królikowska”

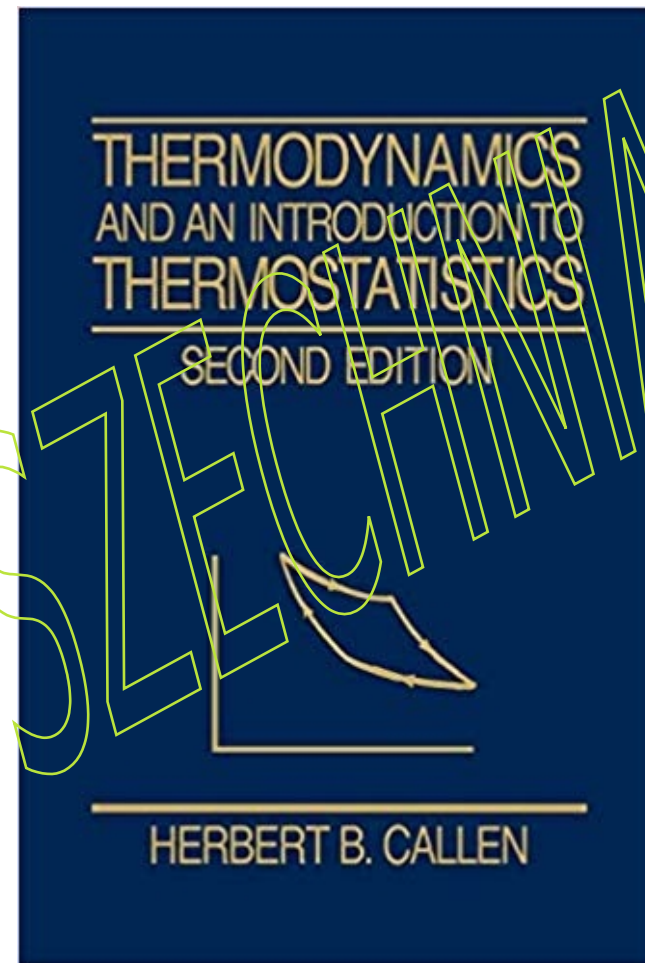
“... gdybyśmy mieli wskazać najdonioślejsze założenie wiodące nas coraz dalej w wysiłkach zrozumienia życia, musielibyśmy powiedzieć , że wszystkie rzeczy na świecie złożone są z atomów, że wszystko co dotyczy istot żywych może być zrozumiane w kategoriach ruchu i przesunięć atomów”. Tom I, część 1, Warszawa, PWN 1974, str. 57, tłumaczenie Zofia Królikowska”

**Lectures on Physics
Addison-Wesley Publishing Company, 1963**

Richard Phillips Feynman (1918-1988)



Istnieją jednak subtelności – jest ich kilka. Po pierwsze, co rozumiemy przez czas i przestrzeń? Okazuje się, że te głębokie pytania filozoficzne trzeba bardzo dokładnie analizować w fizyce, a to nie jest takie proste. Teoria względności pokazuje, że nasze koncepcje przestrzeni i czasu nie są tak proste, jak mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka.

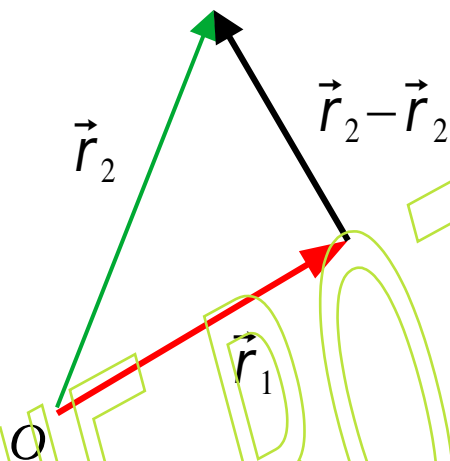


Pojęcie energii zostało wprowadzone w 1807 roku przez angielskiego fizyka, fizjologa i lekarza Thomasa Younga, znanego fizykom jako jeden z twórców falowej teorii światła.

Musimy zdać sobie sprawę, że współczesna fizyka tak naprawdę nie mówi, czym jest energia.

**J. Gibson Winans, Comment: "On the Definition of Electric Charge",
American Journal of Physics, vol. 40. str. 1348-1349 (1972)**

Należy uznać, że w fizyce istnieją dwa rodzaje wielkości: te, które są określone i te, które nie są zdefiniowane. Te, które nie są zdefiniowane, to nazwy nadane bezpośrednio postrzeganym impercjom zmysłowym, takim jak przemieszczenie, czas i siła. Te, które są zdefiniowane, mają definicje w postaci kombinacji nieokreślonych wielkości. Na przykład prędkość i przyspieszenie definiuje się jako kombinację przemieszczenia i czasu.



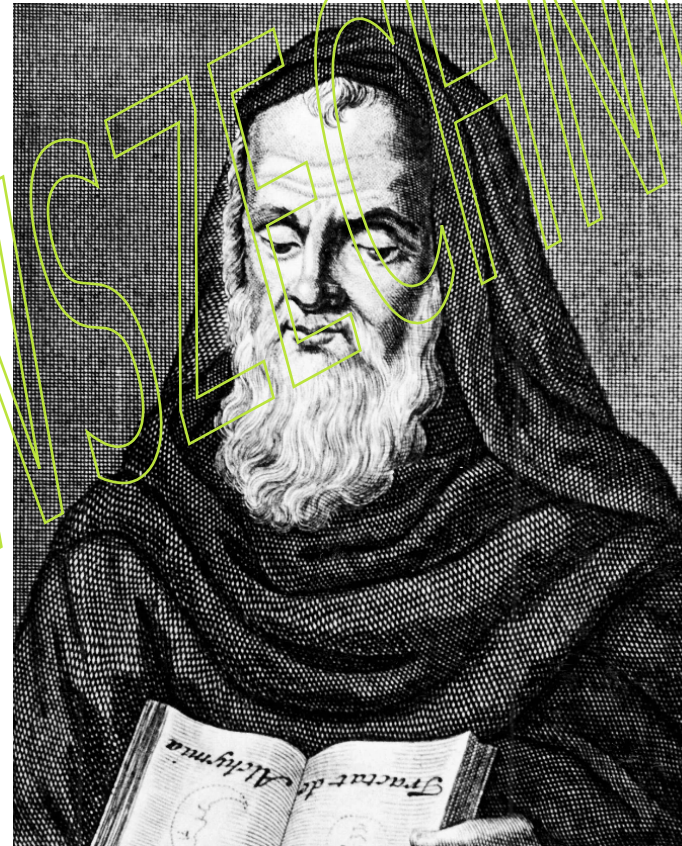
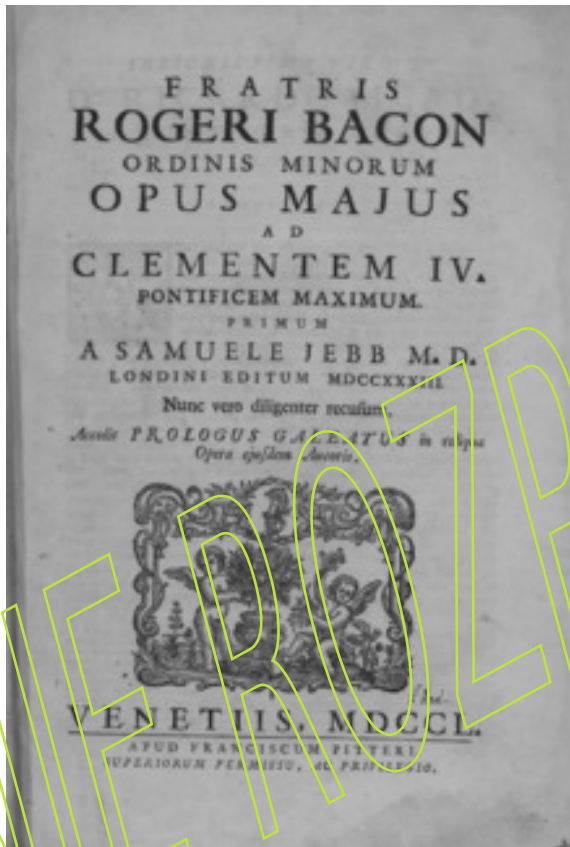
$$\vec{v} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}; \quad \vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}; \quad \text{dla } (t_2 - t_1) \sim 0$$

Ładunek elektryczny najlepiej jest rozpoznać jako kolejną z nieokreślonych wielkości. Ładunek można wykryć eksperymentalnie, a liczbę można przypisać w drodze procedury operacyjnej. Ładunek może być użyty w definicjach innych wielkości, takich jak prąd, różnica potencjałów itp., ale sam ładunek pozostaje wielkością nieokreśloną, wykrywaną poprzez wrażenia zmysłowe spotykane w eksperymentach.

$$\vec{F} = \vec{k} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2}; \quad \vec{r}_{12} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

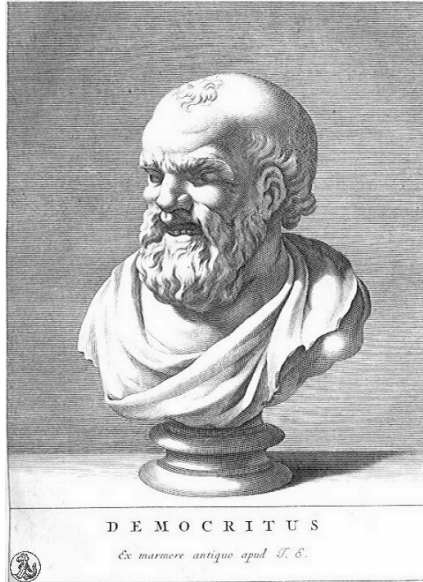
Roger Bacon (1214–1294), średniowieczny angielski filozof, astronom i alchemik, franciszkanin, który położył znaczny nacisk na badanie natury poprzez empiryzm. Studiował w Oksfordzie i Paryżu, doktorat z teologii, 1241.

Największe dzieło Bacona z 1267 r., *Opus Majus*, zawiera opracowania z zakresu matematyki, optyki, alchemii i astronomii, w tym teorie dotyczące pozycji i rozmiarów ciał niebieskich.



Opus Majus (1267): Istnieją dwie metody zdobywania wiedzy: poprzez rozważanie i eksperyment. Rozważania prowadzą do wniosków. Wnioski zmuszają do pogodzenia się z nimi, ale nie dają poczucia pewności i nie usuwają podejrzeń, że nasz umysł nie opiera się na prawdzie, chyba że wnioski te zostaną poparte eksperymentami.

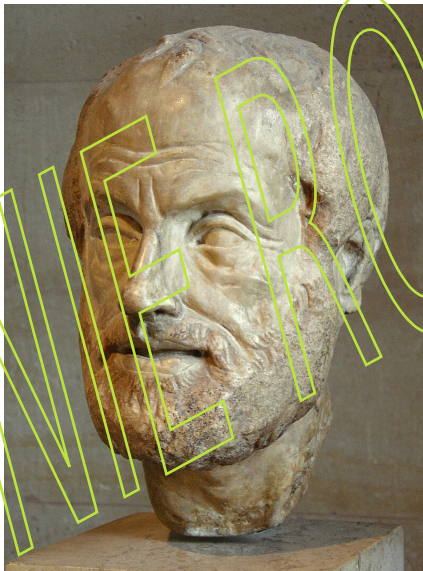
Idea ta do dziś uważana jest za jedną z podstaw nauk przyrodniczych, a w szczególności fizyki.



Demokryt, ok. 460-360 pne

Zasady Bacona w działaniu:

Demokryt z Abdery (ok. 460 - 360 pne): ziemia użyźniona przez deszcz rodzi plony stanowiące pożywienie ludzi i zwierząt. Po ich śmierci, to co zostało pozyskane z ziemi wraca do ziemi, a to co zostało pozyskane z powietrza, jest zwrócone powietrzu.



Arystoteles, 384-322 pne

Arystoteles: uczynił krok wstecz; z faktu, że rośliny potrzebują gleby aby rosnąć, bez przeprowadzania doświadczeń, na drodze rozumowej, doszedł do wniosku, że rośliny asymilują materię organiczną z korzeni. Dalo to początek humusowej teorii odżywiania roślin. Pogląd ten przetrwał aż do XVII wieku.

Jan Baptista van Helmont (1579-1644), twórca pojęcia *gaz*. Jako pierwszy rozważał wydzielanie się gazów w reakcjach chemicznych. Opisał wiele gazów wedle sposobu ich otrzymywania (gaz z drewna, CO₂, trujący gaz czerwony wydzielany, gdy srebro polewa się kwasem azotowym, NO₂). Do czasów van Helmonta wszystko co miało wedle naszej współczesnej nomenklatury stan skupienia gazowy nazywano „powietrzem”.

Przeprowadził eksperyment mający zweryfikować słusność poglądów Arystotelesa.



1640

waga rośliny: 5 funtów
waga gleby: 200 funtów



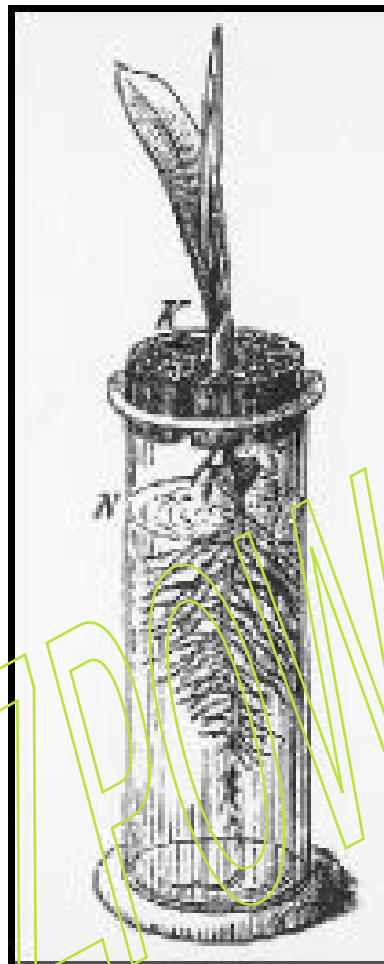
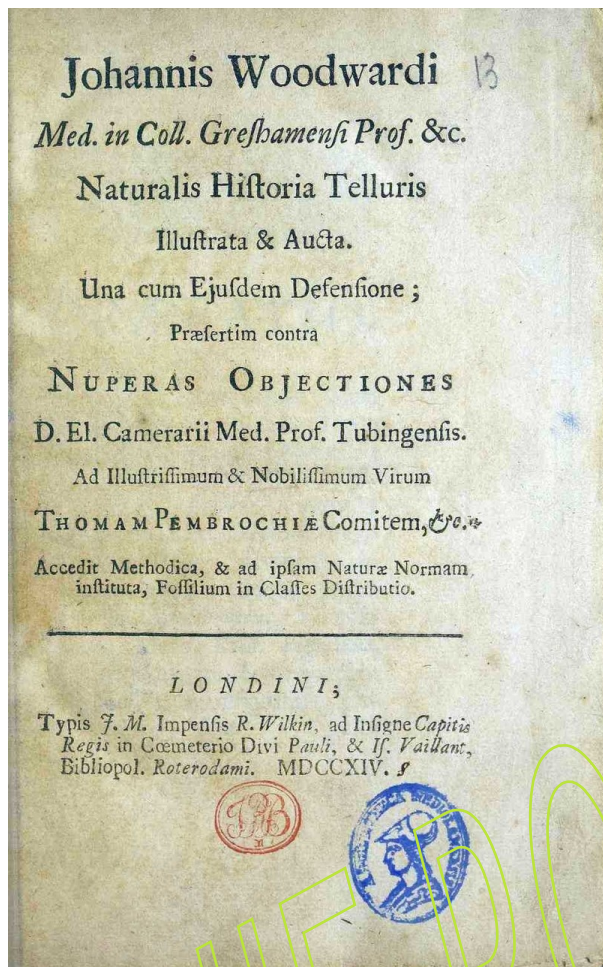
1644

169 funtów
199 funtów

Pomysł eksperymentu prawdopodobnie wzięty z lektury książki *De Staticis Experimentis* z 1450 roku, kardynała Mikołaja z Kuzy nad Mozelą.

Wniosek: drzewo reprezentuje wodę przeprowadzoną w inną substancję.

Ważność eksperymentu Helmonta: w jego wyniku została postawiona hipoteza, która mogła być sprawdzona w dalszych eksperymentach.



1669



John Woodward
1665 - 1728

test hipotezy głoszącej, że woda jest składnikiem pokarmowym wykorzystywanym przez rośliny:

ważenie dodanej wody (zawierającej materię organiczną); kontrola parowania poprzez użycie pergaminu;

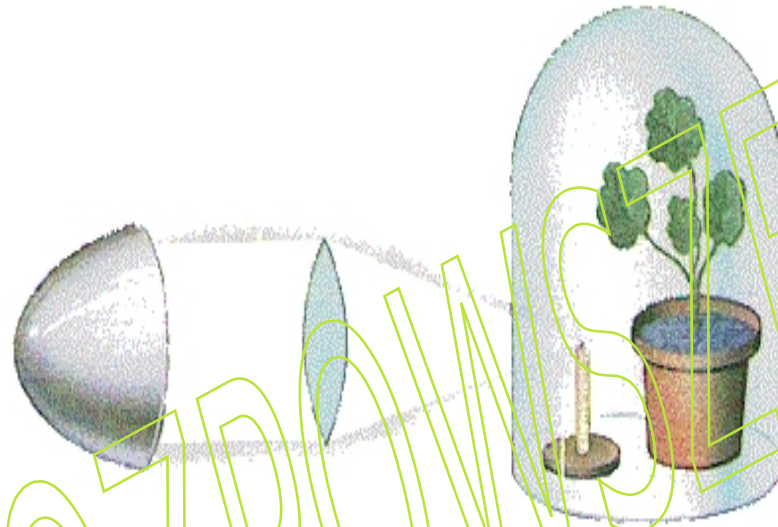
przyrost masy rośliny po 77 dniach = ok. 1 gram, dodana woda 76000 gram;

wniosek: większość wody ściągnięta i przekazana przez pory w liściach do atmosfery, ziemia, a nie woda, jest materią, która tworzy roślinę (było to postawienie nowej hipotezy);

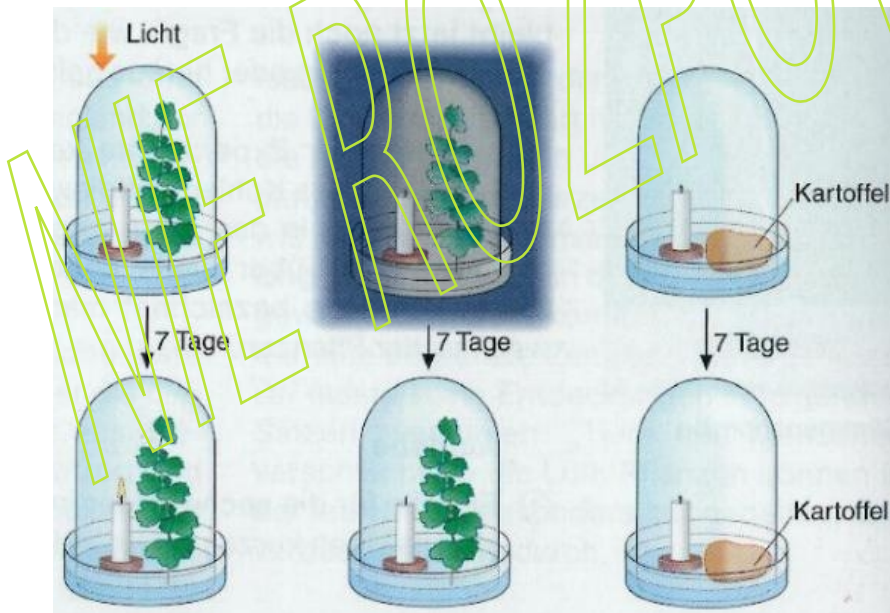
Co jedzą rośliny czyli o odkryciu fotosyntezy



Jan Ingenhousz
(1730-1799)



Eksperyment Priestleya:
roślina może rosnąć w zamkniętym naczyniu, w którym powietrze zostało zużyte przez palącą się świecę, ponadto po jakimś czasie świeca może być ponownie zapalona.



Eksperyment Ingenhousza:
rośliny w zamkniętym naczyniu, wypełnionym dwutlenkiem węgla, mogą przerobić ten gaz na tlen pod warunkiem, że naczynie wystawione jest na światło słoneczne.

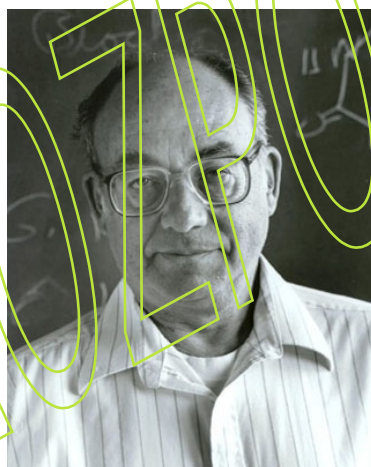
1842 – ustalone zostaje podstawowe równanie fotosyntezy $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
1898 – Charles Barnes tworzy termin *fotosynteza*

Najważniejsze wyzwania w świecie materii ożywionej: 1. Powstanie życia

Stanley Miller w 1953 roku, gdy był doktorantem Harolda C. Ureya na Uniwersytecie Chicagowskim, wykonał eksperyment nazywany obecnie eksperymentem Millera–Ureya, który miał testować powstawanie związków organicznych w hipotetycznych warunkach środowiska wczesnej Ziemi. Założenia eksperymentu opierały się na hipotezie wysuniętej przez Aleksandra Oparina i Johna Haldane'a, że warunki panujące na Ziemi w owym czasie sprzyjały syntezie związków organicznych z nieorganicznych prekursorów.



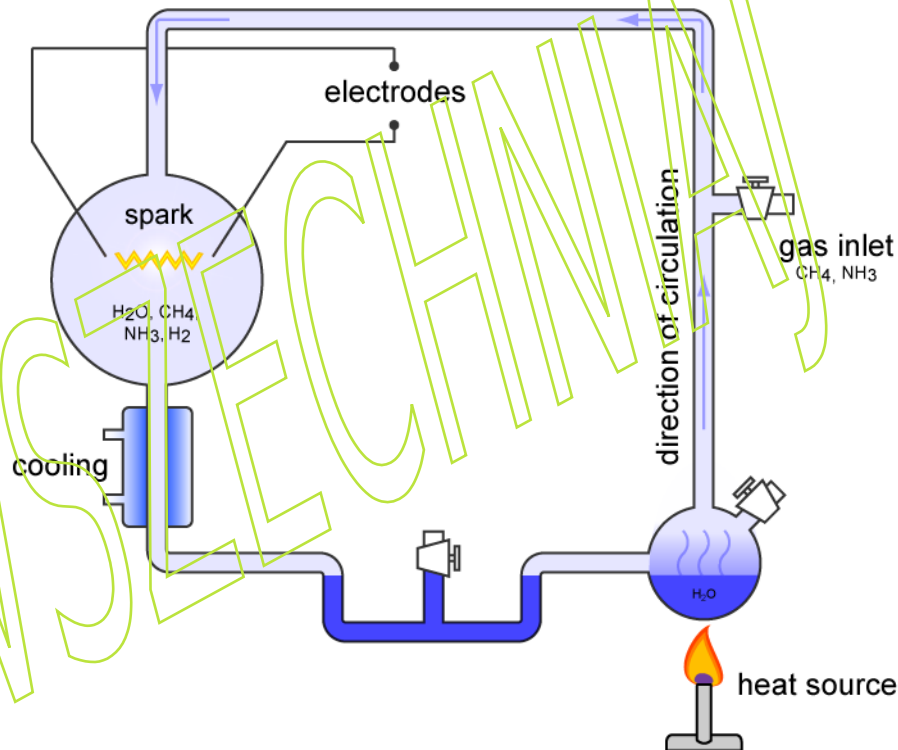
Harold Urey (1893-1981)



Stanley Miller (1930-2007)

S. L. Miller, Science 117:528-529, 1953;
S. L. Miller, H. C. Urey, Science 130:245-251, 1959

Wyniki: po tygodniu trwania eksperymentu 10-15% węgla doprowadzonego do systemu znajdowało się w związkach organicznych. Dwa procent węgla utworzyło 13 aminokwasów z 20-22 budujących białka w organizmach żywych. Najczęstszym znajdowanym aminokwasem była glicyna (najprostszy aminokwas). Badania prowadzono za pomocą chromatografii bibułowej.



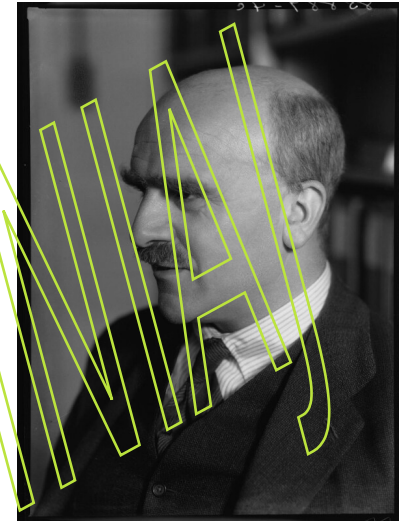
Substancje wyjściowe: woda (H_2O), metan (CH_4), amoniak (NH_3) i wodór (H_2)

Aparatura: sterylny układ dwóch kolb szklanych, jednej wypełnionej częściowo wodą, drugiej zawierającej elektrody, pomiędzy którymi przepuszczano wyładowania elektryczne (łuk elektryczny) symulujące wyładowania elektryczne w atmosferze. Para z podgrzewanej kolby dolnej mieszała się z doprowadzonymi z zewnątrz gazami, następnie poddawana była działaniu wyładowań elektrycznych w górnym naczyniu, następnie po schłodzeniu w chłodnicy powracała do pierwszego naczynia.



A. I. Oparin, 1894-1980

Stéphane Tirard, *Origin of Life and Definition of Life, from Buffon to Oparin*, Orig Life Evol Biosph (2010) 40:215–220

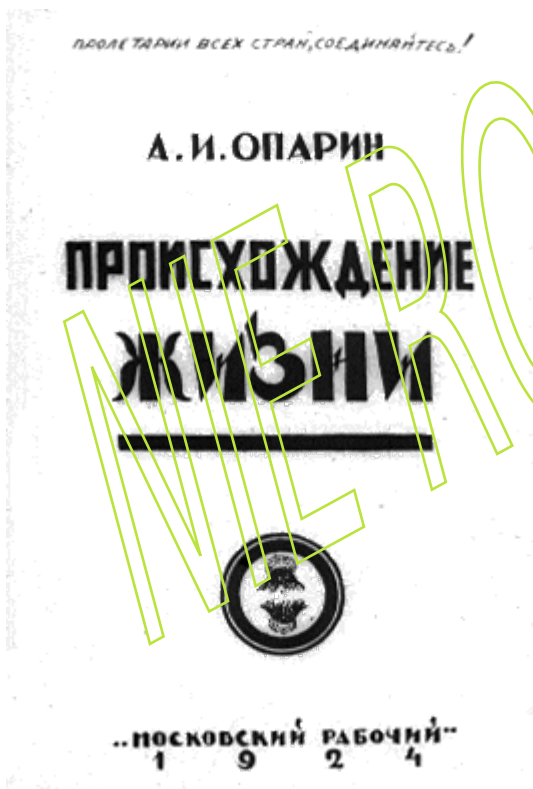


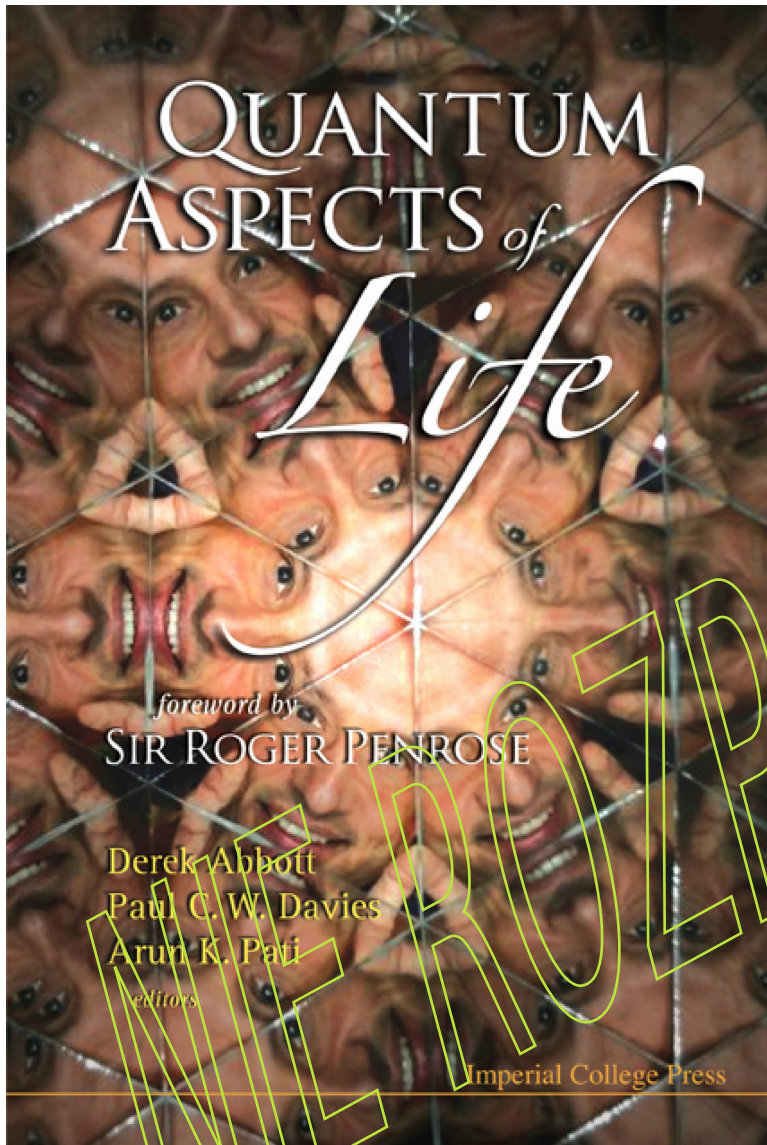
J. B. S. Haldane, 1892-1964

Alexander I. Oparin i John B. S. Haldane opracowali niezależnie pierwsze kompletne scenariusze ewolucyjnej abiogenezy w swoich tekstach opublikowanych odpowiednio w 1924 r. [Oparin AI (1924) Proiskhozhdenie zhizny] i 1929 r. [Haldane, J.B.S. (1929) Origin of Life. The Rationalist Annual, 148, 3–10].

Oparin opisał ewolucję Ziemi i ewolucję materii prowadzącą od materii mineralnej do organicznej, a następnie do formy prymitywnego życia. Twierdził, że w prymitywnej atmosferze i prymitywnych oceanach materia organiczna staje się coraz bardziej złożona.

Haldane zaproponował bardzo podobny scenariusz dotyczący prymitywnych warunków na Ziemi, ale z pewnymi szczegółami dotyczącymi prymitywnego życia. Użył współczesnych pojęć biologicznych, takich jak „geny”, i wymyślił termin „pierwotna zupa”, aby określić prymitywny ocean. Jeśli chodzi o jego koncepcję życia, ważnym faktem jest to, że twierdził, że w prymitywnych reakcjach chemicznych mogą powstać „półżywe cząsteczki”





Rozdział 1, Paul C. W. Davies, „**Kwantowe pochodzenie życia?**”: Hipoteza jest taka, że przejście od materii nieożywionej do życia było procesem za pośrednictwem kwantów i że najwcześniejsza forma życia obejmowała nietrywialne aspekty mechaniki kwantowej. Mechanika kwantowa pozwala na znacznie efektywniejsze eksplorowanie przestrzeni możliwości niż klasyczny układ stochastyczny.

Rozdział 3, Jim Al-Khalili and John Joe McFadden, „**Spójność kwantowa* i poszukiwanie pierwszego replikatora**”: Nawet gdyby obecne były wszystkie biomolekuły, do stworzenia samoreplikującego się systemu nadal pozostawała długa droga. Zidentyfikowano pewne struktury rybozymów o aktywności replikazy, zawierające 165 zasad. Jak możliwe jest spontaniczne utworzenie się takiej struktury w pierwotnej zupie? Istnieje $4^{165} \approx 2 \cdot 10^{99}$ możliwych sekwencji RNA o długości 165 zasad ($1,9 \cdot 10^{77}$ kg w porównaniu z $3 \cdot 10^{52}$ kg dla całej masy obserwowalnego wszechświata). Aby ułatwić rozwiązanie problemu wyszukiwania, uważamy bibliotekę struktur w naszej zupie za dynamiczną bibliotekę kombinatoryczną zdolną do tworzenia nowych struktur w procesach odwracalnych, a niektóre z tych nowych struktur mogą ostatecznie stać się samoreplikatorami. Proponujemy, aby związki w bibliotece były połączone nie tylko poprzez reakcje odwracalne, ale także poprzez mechanikę kwantową (tunelowanie kwantowe – tautomeryzacja chemiczna).

Copyright © 2003 by Imperial College Press, London

***Quantum Coherence**

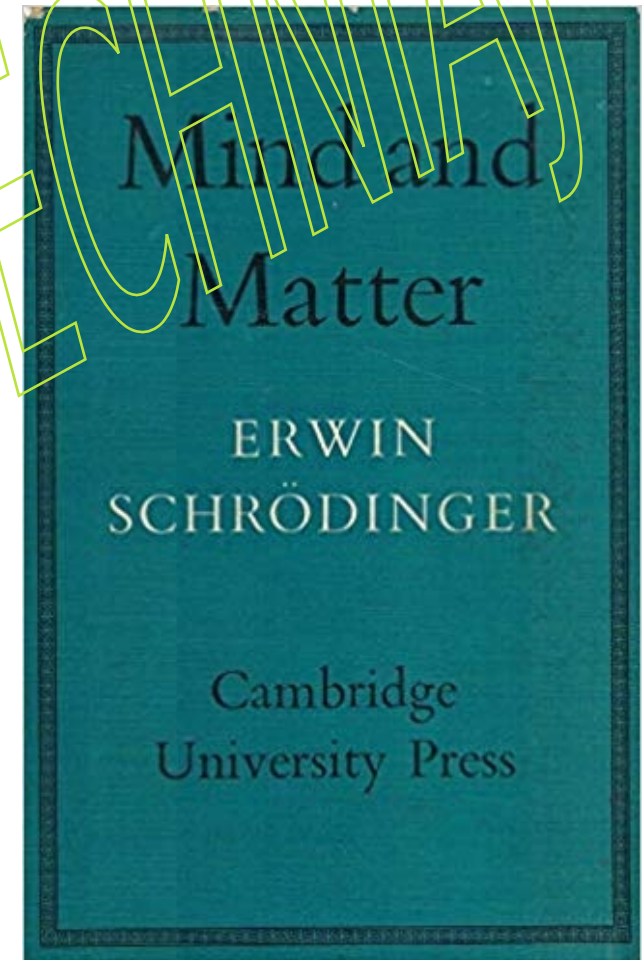
Richard Feynmann (jeden z największych praktyków teorii kwantów) zauważył: „Myślę, że mogę śmiało powiedzieć, że nikt nie rozumie mechaniki kwantowej”.

Najważniejsze wyzwania w świecie materii żywej: 2. Powstanie świadomości

Erwin Schrödinger (1887-1961)

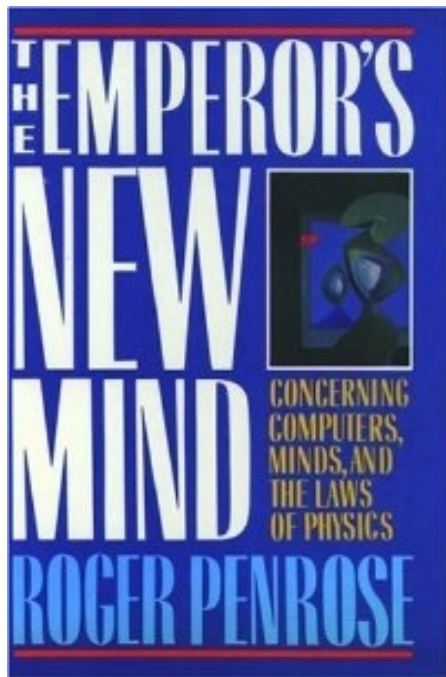


Świat jest konstruktem naszych wrażeń, spostrzeżeń, wspomnień. Wygodnie jest uważać go za istniejący obiektywnie sam w sobie. Ale z pewnością nie objawia się on przez samo jego istnienie. Jego ujawnienie jest uwarunkowane bardzo szczególnymi wydarzeniami w bardzo szczególnych częściach tego właśnie świata, a mianowicie pewnymi zdarzeniami zachodzącymi w mózgu. Jest to niezwykle osobliwy rodzaj implikacji, który nasuwa pytanie: jakie szczególne właściwości wyróżniają te procesy mózgowo i umożliwiają im wytworzenie manifestacji? Czy potrafimy odgadnąć, które procesy materialne mają tę moc, a które nie?

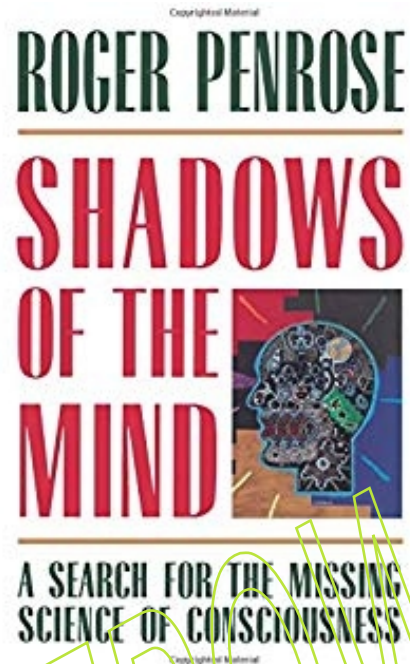


1958

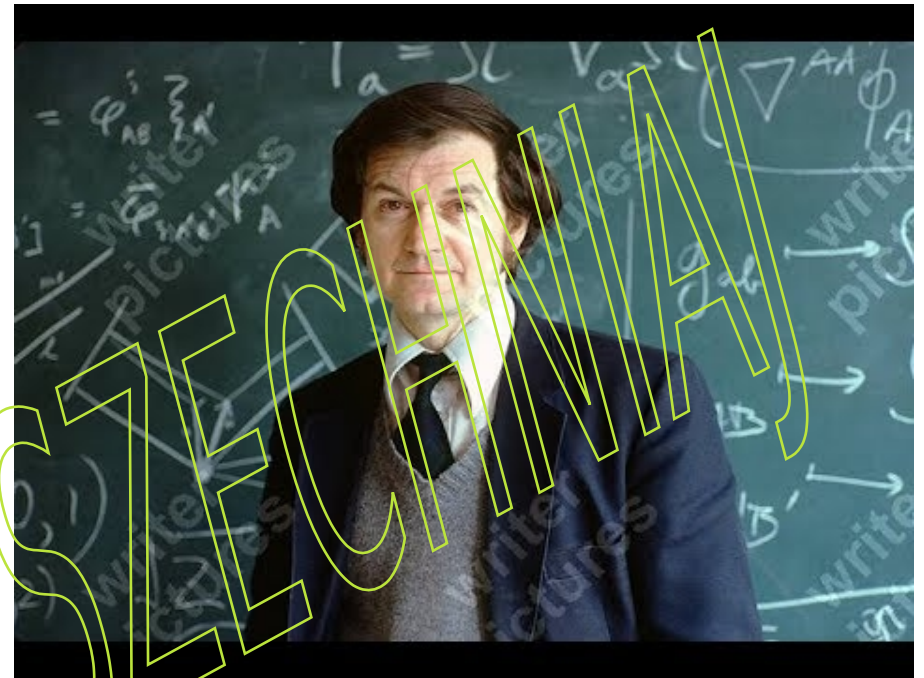
Albo prościej: jaki rodzaj procesu materialnego jest bezpośrednio powiązany ze świadomością?



(1989)



(1994)



Sir Roger Penrose (ur. 1931) - brytyjski matematyk, fizyk matematyczny i filozof nauki. Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w 2020 r. „za odkrycie, że powstawanie czarnych dziur jest solidną prognozą ogólna teoria względności”. Penrose zajmował się również filozofią matematyki i filozofią umysłu. Autor książek takich jak Nowy umysł cesarza i Cienie umysłu, w których argumentuje, że z twierdzenia Gödla wynikają niemechaniczny charakter ludzkiej świadomości i nieobliczalność ludzkiego rozumowania. Zdaniem Penrose’a do wyjaśnienia zjawiska świadomości konieczne jest odwołanie się do zjawisk występujących na poziomie kwantowym w mózgu.

NUC, str. 123: Kurt Gödel udowodnił, że dowolny precyzyjny (“formalny”) system aksjomatów i reguł wnioskowania, na tyle ogólny, aby obejmował proste zadania arytmetyczne, oraz wolny od sprzeczności, musi zawierać pewne zdania, których prawdziwości nie można ani dowieść, ani obalić posługując się środkami dozwolonymi w ramach tego systemu (które w istocie są pewnymi algorytmami).

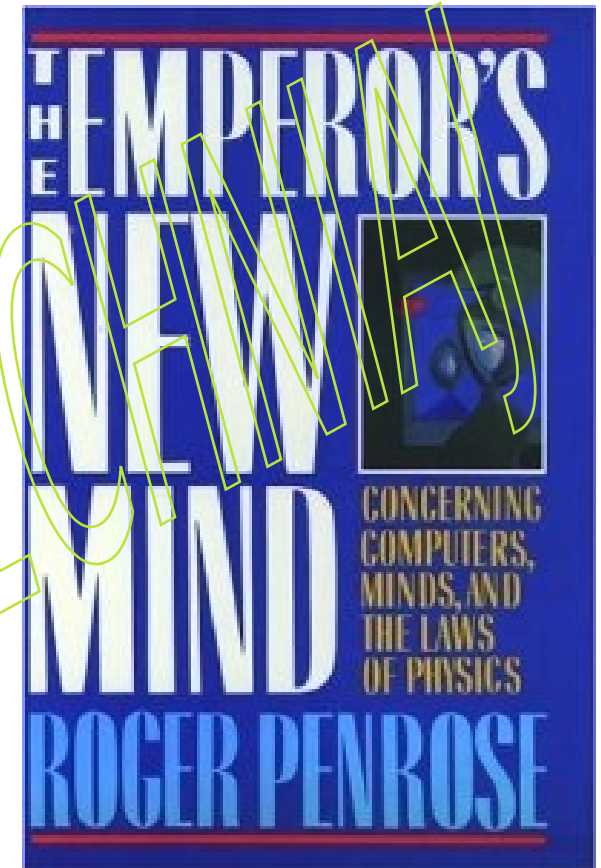
Ludzie potrafią rozstrzygnąć te problemy używając procedury wglądu, która nie jest kolejnym algorytmem.

“Twierdzę, że między procesami zachodzącymi w mózgu i kwantową teorią grawitacji istnieje trudny do uchwycenia, ale nadzwyczaj ważny związek logiczny.” (Zwykła teoria kwantowa to teoria atomów i cząsteczek. Grawitacja kwantowa – grawitacja opisana z zastosowaniem formalizmu mechaniki kwantowej.)



Victor J. Stenger (1935-2014) amerykański fizyk cząstek

Od uzyskania doktoratu z fizyki (1958) był profesorem na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Hawajskiego. W roku 2000 przeszedł na emeryturę, ale pozostał aktywny naukowo jako emerytowany profesor fizyki. Był też adiunktem filozofii na Uniwersytecie Kolorado.



W 1989 roku wybitny matematyk i kosmolog z Oksfordu, Roger Penrose, opublikował książkę zatytułowaną Nowy umysł cesarza,. Główną tezą Penrose'a jest twierdzenie, że mózg człowieka nie działa jak komputer, lecz działa w sposób, który nie może być odtworzony na żadnym komputerze bez względu na jego moce obliczeniowe. Jest tak gdyż mózg nie działa algorytmicznie lub wedle zadanego algorytmu przy rozwiązywaniu problemów na jakie napotyka. I z taką opinią można się zgodzić. Następnie jednak Penrose przedstawia niewiarygodną hipotezę, że mechanizm działania mózgu ma coś wspólnego z kwantową grawitacją.



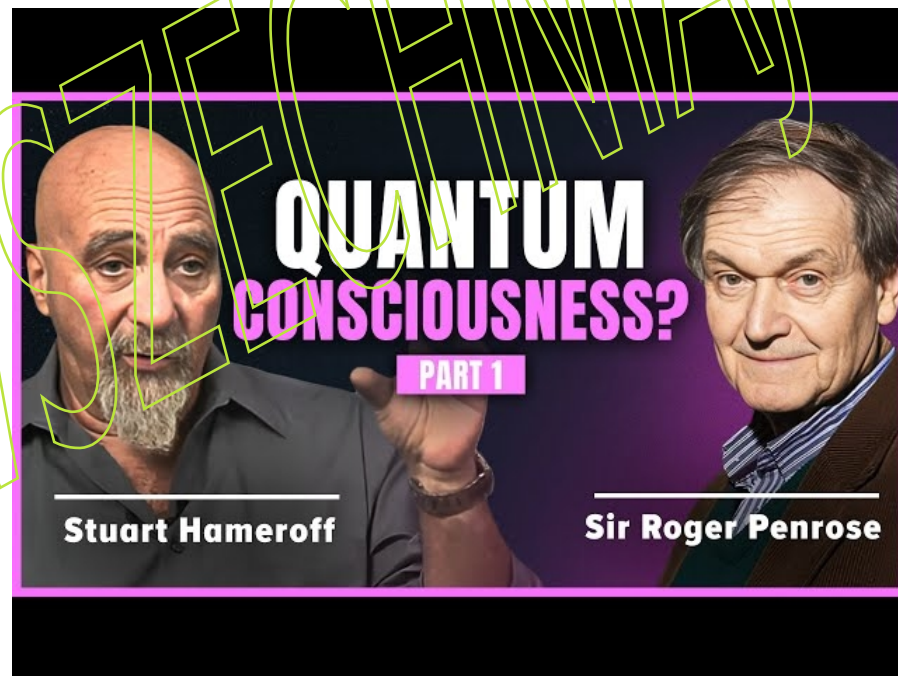
Stuart Hameroff (ur. 1947) to amerykański anestezjolog i profesor na Uniwersytecie w Arizonie, znany ze swoich badań nad świadomością i kontrowersyjnego twierdzenia, że świadomość wywodzi się ze stanów kwantowych w mikrotubulach nerwowych. Jest głównym organizatorem konferencji Science of Consciousness.

Stuart Hameroff and Roger Penrose

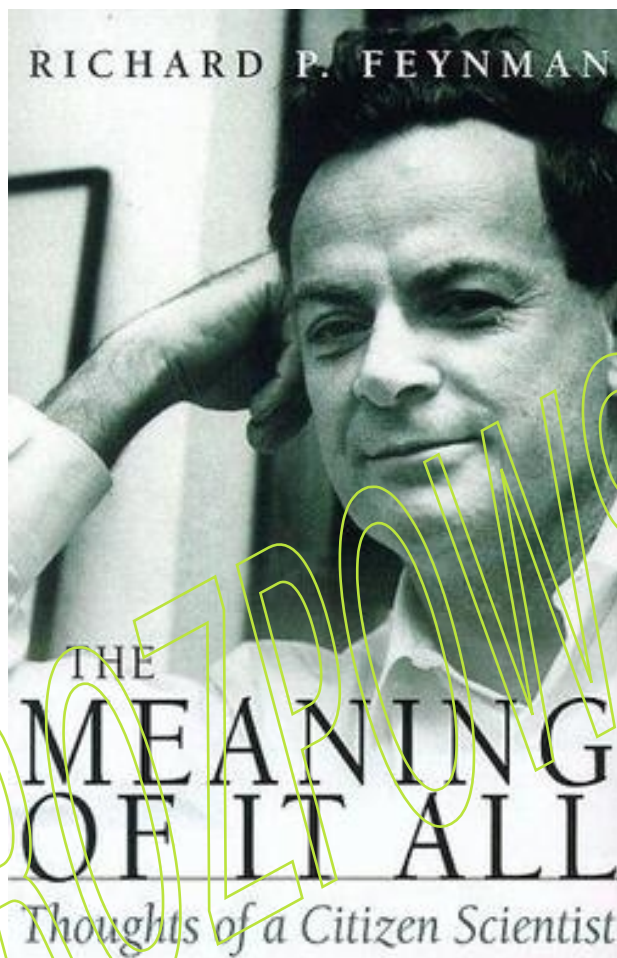
Orchestrated reduction of quantum coherence in brain microtubules: A model for consciousness, *Neural Network World*, 5(5), pp. 793–804, 1995

Consciousness in the universe. A review of the 'Orch OR' theory

Stuart Hameroff and Roger Penrose, *Physics of Life Reviews* 11:39-78 (2014)



W połowie lat 90. zaproponowaliśmy, że świadomość zależy od biologicznie „zaaranżowanych” spójnych procesów kwantowych w zbiorach mikrotubul w neuronach mózgu, że te procesy kwantowe korelują z neuronalną aktywnością synaptyczną i błonową oraz ją regulują oraz że ciągła ewolucja Schrödingera każdego z takich procesów kończy się zgodnie ze specyficznym schematem „obiektywnej redukcji” („OR”) stanu kwantowego. Teoria ta wykorzystuje wyniki badań, które sugerują, że cytoskielet komórki może być związany ze świadomością. Zdaniem autorów to właśnie w tworzących cytoskielet mikrotubulach mogą zachodzić procesy kwantowe. Aby miały wpływ na mózg, muszą zostać wzmocnione przez koherencję, a superpozycje mikrotubuli powinny być zsynchronizowane, co znalazło swoje odzwierciedlenie w nazwie teorii – Orch OR, czyli „Orchestrated Objective Reduction” („Zsynchronizowana Obiektywna Redukcja”). Autorzy podtrzymują pogląd, że OR ma związek z kwantową grawitacją, ale zastrzegają, że przedstawiana przez nich wersja OR obejmuje inną niż zwykle interpretację terminu „grawitacja kwantowa”.



zawiera trzy wykłady publiczne, które Richard Feynman wygłosił na temat „Naukowiec patrzy na społeczeństwo” podczas serii wykładów Johna Danza na Uniwersytecie Waszyngtońskim w Seattle w kwietniu 1963 r.

Reguły opisujące przyrodę wydają się być matematyczne. Nie wynika to z faktu, że sędzią jest obserwacja i nie jest charakterystyczną koniecznością nauki, aby była ona matematyczna. Okazuje się, że można określić prawa matematyczne, przynajmniej w fizyce, które pozwalają na dokonywanie potężnych przewidywań. Dlaczego natura jest matematyczna, znów pozostaje tajemnicą.

(2013)

Fizyczna biologia komórki to podręcznik do pierwszego kursu biologii fizycznej lub biofizyki dla studentów studiów licencjackich i magisterskich. Odzworowuje ogromny i złożony krajobraz biologii komórkowej i molekularnej z odrębnej perspektywy biologii fizycznej.

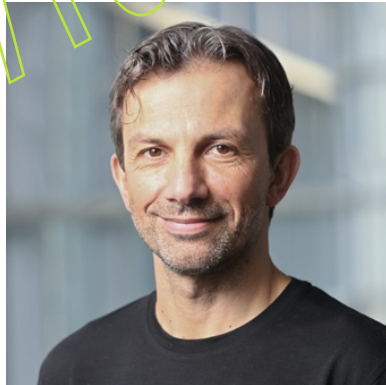
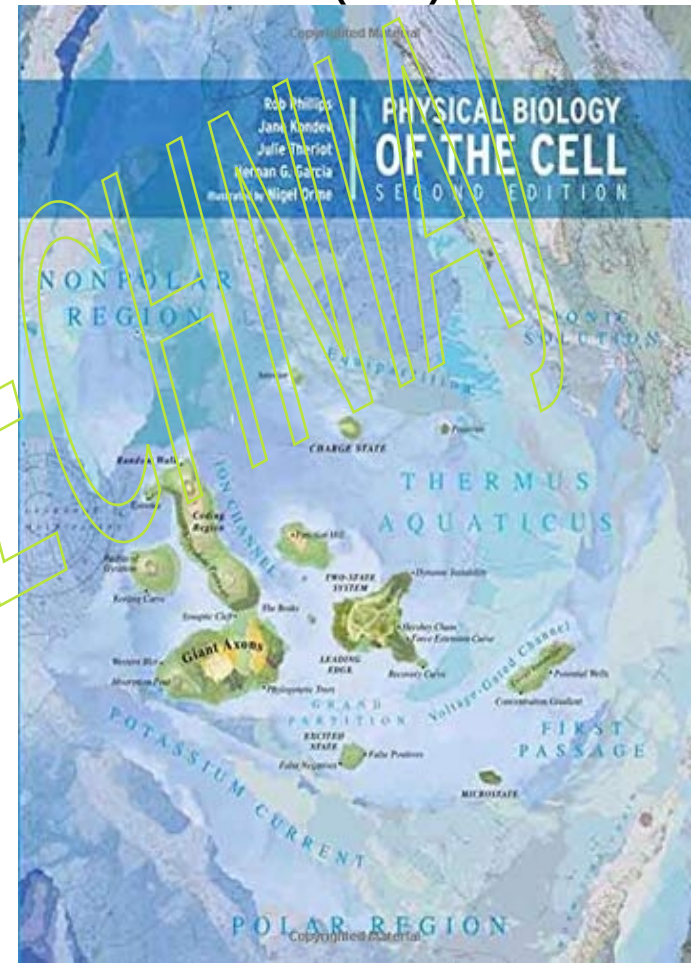
W tej książce nie założono rozległej wiedzy czytelnika, choć niezbędna jest podstawowa znajomość rachunku różniczkowego i fizyki elementarnej.

Rob Phillips, Fred and Nancy Morris Professor of Biophysics and Biology, California Institute of Technology

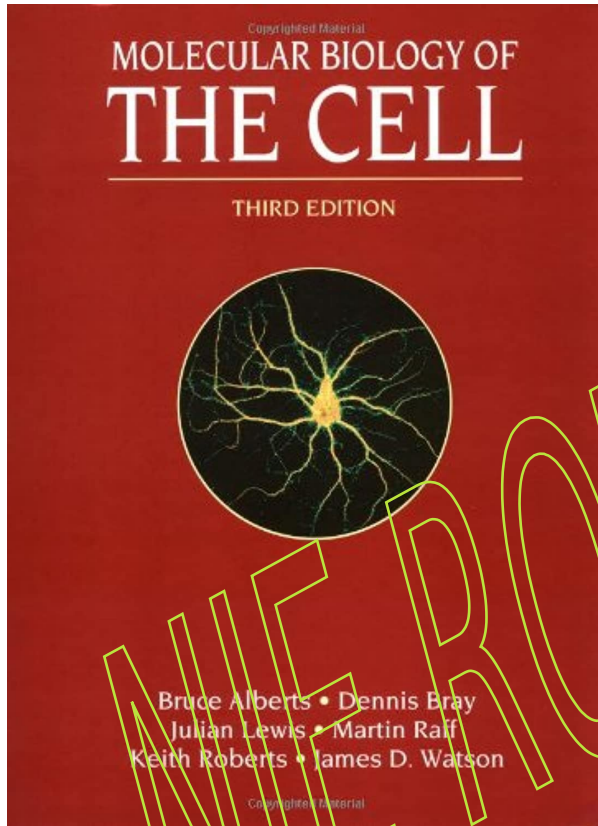
Jane Kondev, Professor in the Department of Physics, Brandeis University

Julie Theriot, Professor in the Department of Biochemistry and the Department of Microbiology, Stanford University School of Medicine

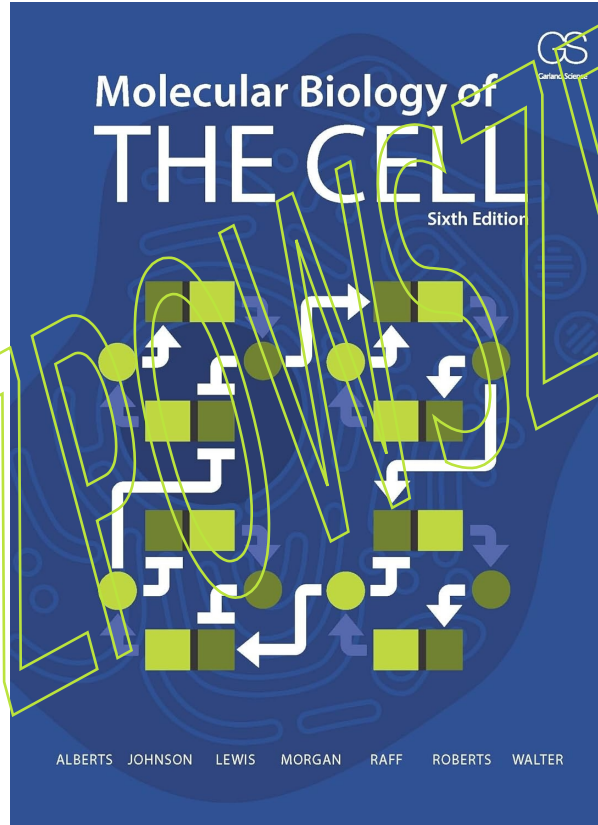
Hernan G. Garcia, Dicke Fellow in the Department of Physics, Princeton University



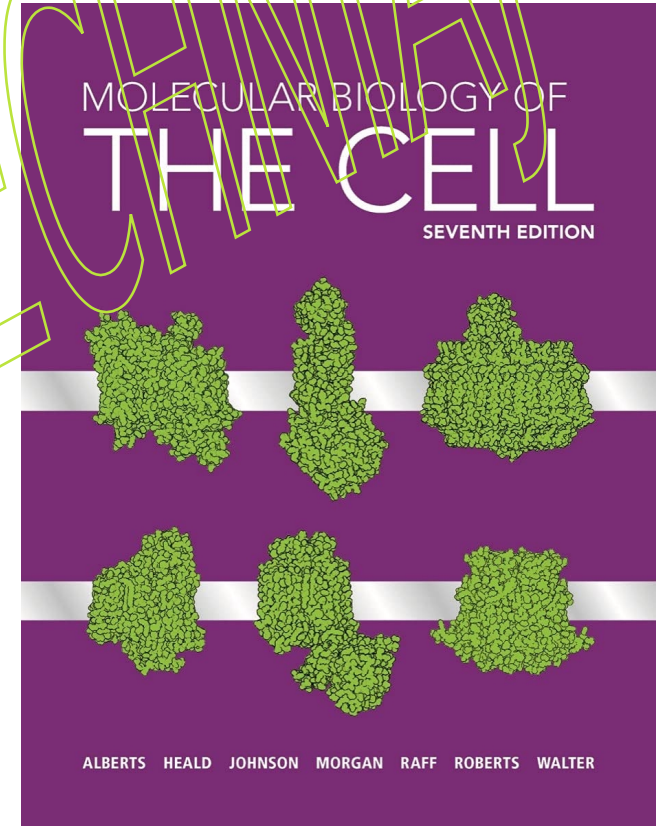
Matematyka i fizyka w Molecular Biology of the Cell



(1994)



(2015)

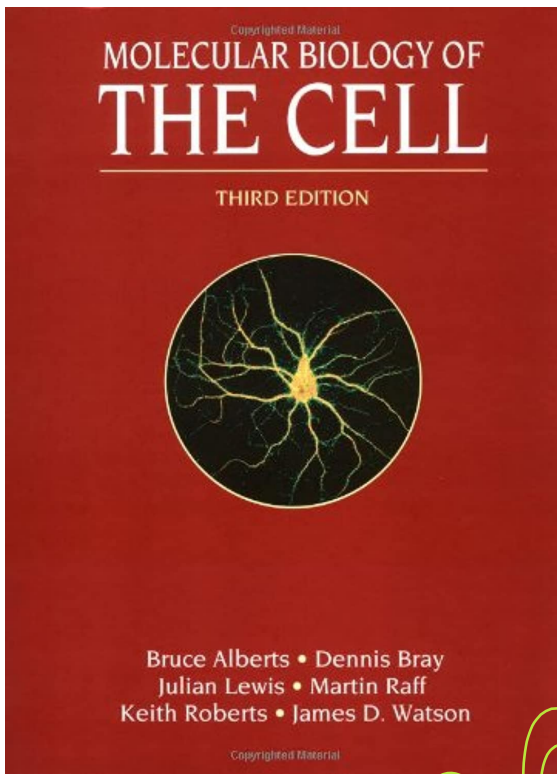


(2021)

Życie wymaga ciągłego dopływu swobodnej energii (Gibbsa);

Komórki działają w skali mikroskopowej zdominowanej przez przypadkowy ruch termiczny;

Zrozumienie komórek i organizmów będzie wymagało matematyki, komputerów i informacji ilościowych;



(1994)

Stała asocjacji (K_a). Miara asocjacji kompleksu. Dla równowagi wiązania $A+B \leftrightarrow AB$ stała asocjacji jest określona przez $[AB]/[A][B]$ i jest tym większa, im ściślej jest wiązanie pomiędzy A i B.

Stała dysocjacji (K_d). Miara tendencji kompleksu do dysocjacji. Dla równowagi wiązania $A+B \leftrightarrow AB$ stała dysocjacji jest określona wzorem $[A][B]/[AB]$ i jest tym mniejsza, im ściślej jest wiązanie pomiędzy A i B.

Stała równowagi (K). Stosunek stałych szybkości reakcji w przód i w tył dla reakcji i równy stałej asocjacji.

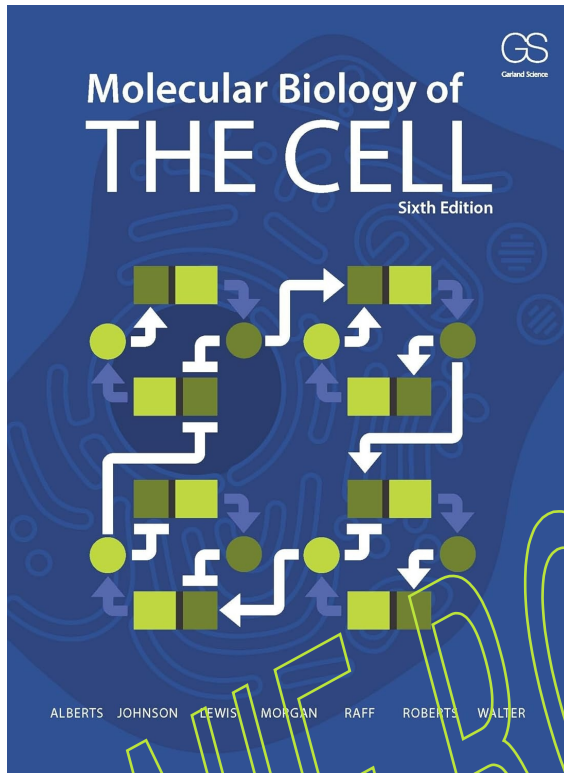
Dyfuzja. Dryf netto cząsteczek w kierunku niższego stężenia w wyniku losowego ruchu termicznego („losowy spacer”, szybkość reakcji ograniczona dyfuzją).

Entropia. Wielkość termodynamiczna mierząca stopień nieuporządkowania w systemie; im wyższa entropia, tym większy nieporządek. Porządek biologiczny możliwy jest dzięki uwolnieniu energii cieplnej z komórek.

Energia swobodna (G). Energia, którą można uzyskać z układu w celu wywołania reakcji. Uwzględnia zmiany zarówno energii (?), jak i entropii. $G=H-TS$.

Zmiana energii swobodnej (ΔG). Zmiana energii swobodnej podczas reakcji: energia swobodna cząsteczek produktu minus energia swobodna cząsteczek wyjściowych. Duża ujemna wartość (ΔG) wskazuje, że reakcja ma silną tendencję do występowania. Dla prostej reakcji $A \rightarrow B$, $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln ([B]/[A])$.

Pierwsza zasada termodynamiki nakłada pewne ograniczenie na to, jakie typy reakcji są możliwe: stwierdza, że „w każdym procesie całkowita energia wszechświata pozostaje stała”. **Druga zasada termodynamiki** stwierdza, że „układy będą zmieniać się samoistnie ze stanów o niższym prawdopodobieństwie do stanów o większym prawdopodobieństwie”.



(2015)

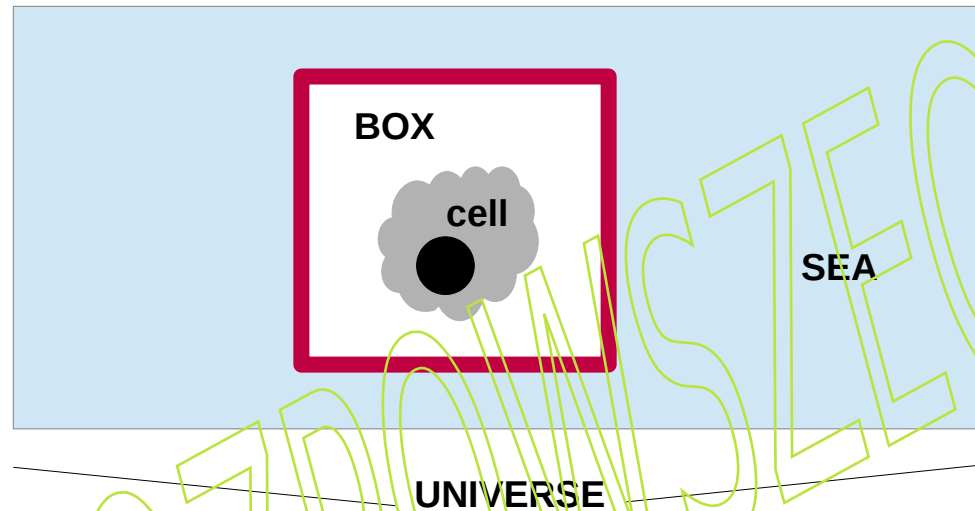
Zależność pomiędzy zmianą standardowej energii swobodnej Gibbsa, ΔG° , a stałą równowagi

Energia swobodna i reakcje biologiczne (drugie prawo termodynamiki, entropia, swobodna energia Gibbsa)

Kinetyka enzymatyczna (równanie Michaelisa-Menten, szybkość reakcji ograniczonej dyfuzyjnie)

Matematyczna analiza funkcjonowania komórki (sprężone równania różniczkowe)

Układ zamknięty definiuje się jako zbiór cząsteczek, który nie wymienia materii z resztą wszechświata (na przykład pokazana poniżej „komórka w pudełku”). Każdy taki układ będzie zawierał cząsteczki o całkowitej energii E .



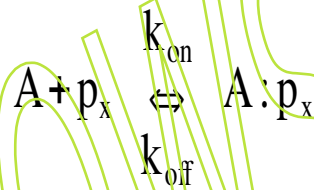
Strona 103: Chemicy uznali za przydatne zdefiniowanie szeregu nowych „funkcji złożonych”, które opisują kombinacje właściwości fizycznych układu. Właściwości, które można łączyć, obejmują temperaturę (T), ciśnienie (P), objętość (V), energię (E) i entropię (S). Entalpia (H) jest jedną z takich funkcji złożonych. Jednak zdecydowanie najbardziej użyteczną funkcją złożoną dla biologów jest energia swobodna Gibbsa. Służy jako narzędzie obliczeniowe, które pozwala wydedukować zmianę entropii wszechświata wynikającą z reakcji chemicznej w pudełku, unikając jednocześnie oddzielnego uwzględniania entropii w morzu. Definicja G jest taka

$$G = H - TS$$

gdzie dla pudełka o objętości V , H jest entalpią opisaną powyżej ($E + PV$), T jest temperaturą bezwzględną, a S jest entropią.

Strona 512: Równania różniczkowe pomagają nam przewidzieć zachowanie przejściowe

Rozważmy aktywację ekspresji genów przez aktywator transkrypcji. Gen kodujący aktywator, oznaczony jako gen A, będzie wytwarzał swój produkt, białko A, poprzez związek pośredni RNA. To białko A będzie następnie wiązać się z p_x , promotorem regulacyjnym genu X, tworząc kompleks $A:p_x$. Skoncentrujemy się tutaj na interakcji wiązania, biorąc pod uwagę, że każda cząsteczka białka A związana z p_x może również oddzielić się od niego.



W stanie ustalonym

$$k_{\text{on}}[A][p_x] = k_{\text{off}}[A:p_x]$$

Ile czasu zajmuje $[A:p_x]$ osiągnięcie wartości stanu ustalonego. Najpopularniejszą strategią rozwiązania tego problemu jest użycie równań różniczkowych zwyczajnych.

$$\frac{d[A:p_x]}{dt} = k_{\text{on}}[A][p_x] - k_{\text{off}}[A:p_x]$$

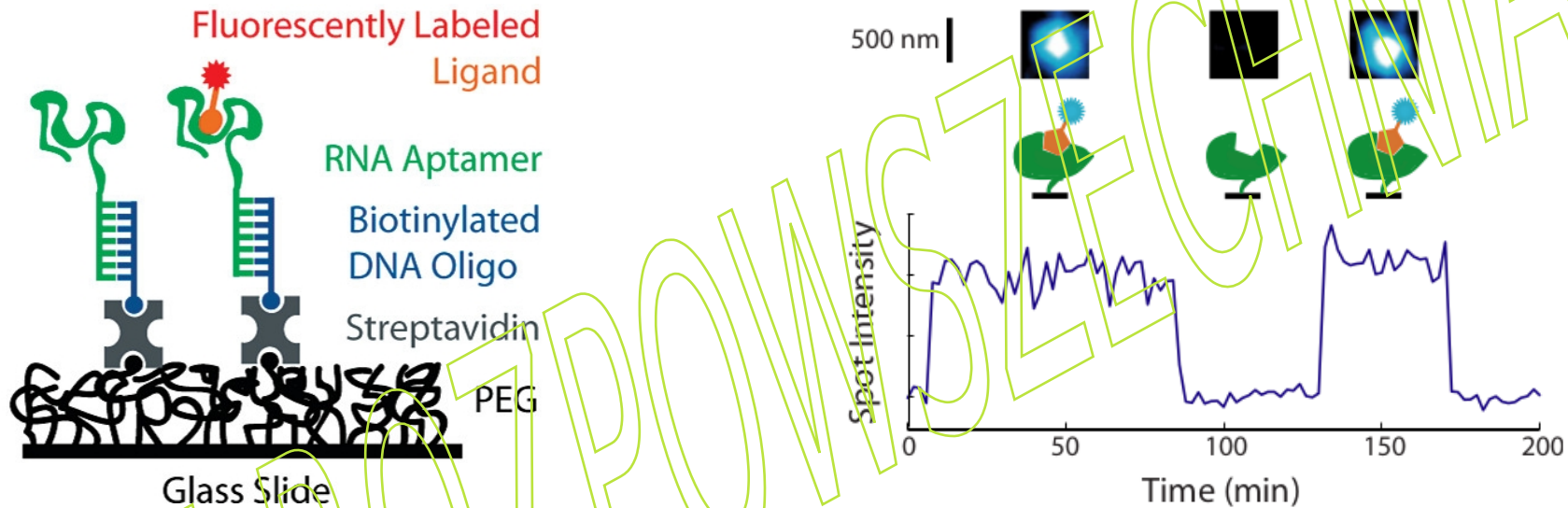
Rozwiązujemy to równanie metodą zwaną całkowaniem (numerycznym).

Single-Molecule Imaging of an in Vitro-Evolved RNA Aptamer Reveals Homogeneous Ligand Binding Kinetics

Mark P. Elenko, Jack W. Szostak, and Antoine M. van Oijen, JACS 131:9866-9867 (2009)

Single-molecule binding experiments on long time scales

Mark P. Elenko, Jack W. Szostak, and Antoine M. van Oijen, Rev. Sci. Instr. 81:083705 (2010)

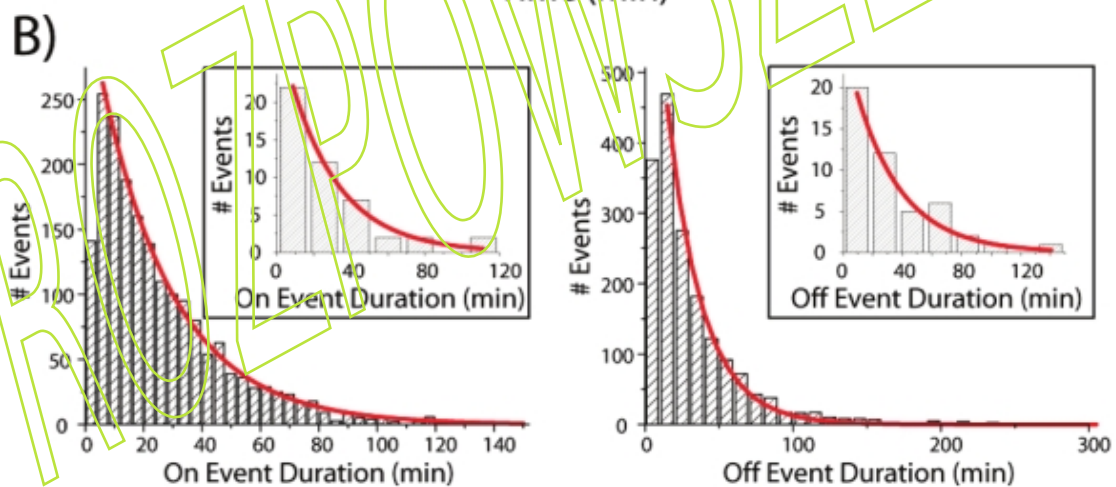
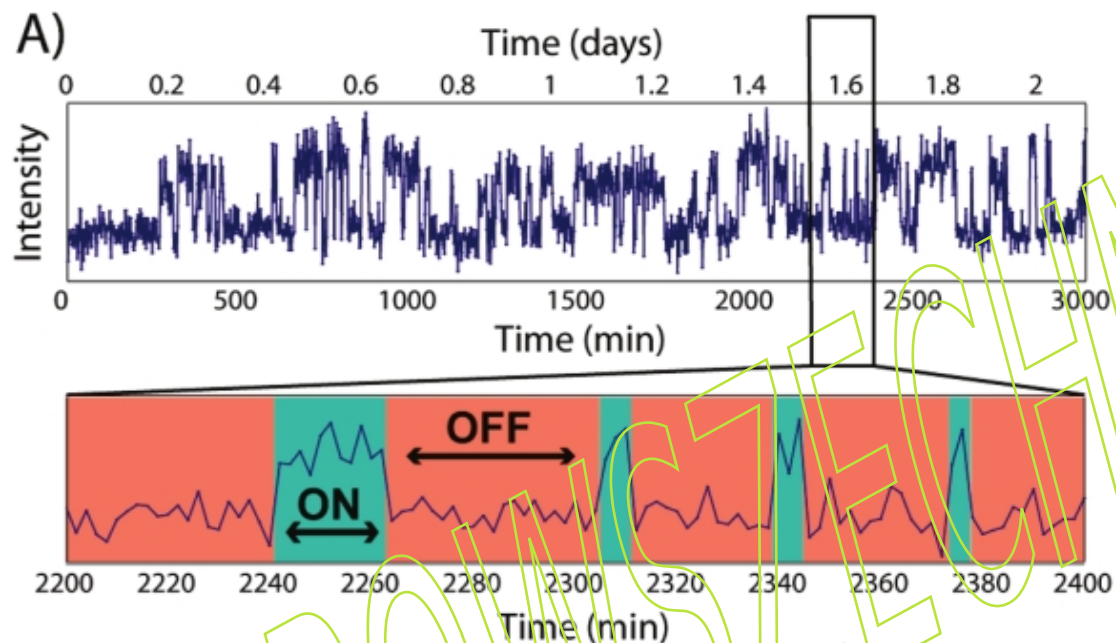


Nieznakowane cząsteczki receptora unieruchamia się na funkcjonalizowanej powierzchni w kuwecie przepływowej. Przepływający bufor zawiera fluorescencyjnie znakowany ligand (GTP znakowany przy γ -fosforanie tetrametylorodaminą). Związanie jego z receptorem daje fluorescencyjną plamkę, która gaśnie po dysocjacji.

Górny rząd pokazuje obraz pojedynczej cząsteczki z eksperymentu z aptamerem RNA (pasek skali wynosi 500 nm), poniżej znajduje się schemat ilustrujący wiązanie i dysocjację ligandu znakowanego fluorescencyjnie. Na dole znajduje się trajektoria intensywności obrazu pojedynczej cząsteczki, na podstawie której można określić czas trwania zdarzenia i jego zakończenia. Rejestrowanie trajektorii intensywności fluorescencji wytwarzanych w czasie w każdym miejscu pozwala na identyfikację zdarzeń włączania i wyłączenia, które można wykorzystać do obliczenia stałych szybkości i stałych równowagi.

Manuskrypt wysłany 10 marca 2009, Nagroda Nobla dla J. W. Szostaka październik 2009 „za odkrycie, w jaki sposób chromosomy są chronione przez telomery i enzym telomerazę”

Aptamery – oligonukleotydy (krótkie fragmenty DNA lub RNA) lub peptydy, które wiążą się specyficznie z określoną cząsteczką.



(A) Trajektoria intensywności fluorescencji cząsteczki receptora unieruchomionej na funkcjonalizowanej powierzchni. Zdarzenia włączenia i wyłączenia są oznaczone odpowiednio kolorem zielonym i czerwonym. **(B)** Histogramy wszystkich zdarzeń włączania i wyłączenia wykrytych na trajektoriach dużej liczby ($N = 103$) śladów pojedynczego aptameru. Wstawki pokazują rozkłady zdarzeń na pojedynczej trajektorii pokazanej na rysunku A.

Czerwone linie na diagramach nie są wyjaśnione w głównym artykule, natomiast w pliku informacji pomocniczych znajduje się informacja, że „czas trwania zdarzeń można dobrze dopasować do pojedynczego wykładnika”. Nie podano żadnego wyjaśnienia tego oświadczenia.

Są to wykłady z biofizyki molekularnej.

Podejmiemy próbę zrozumienia kilku podstawowych koncepcji klasycznej i kwantowej mechaniki molekularnej, klasycznej i statystycznej termodynamiki, rachunku różniczkowego i całkowego oraz algebry liniowej. To jest potrzebne aby te wykłady można było nazwać wykładami z biofizyki.

Z perspektywy biofizyki molekularnej przyjrzymy się takim zagadnieniom jak:

Błądzenie losowe w biologii;

Woda – matryca życia;

Homochiralność biologiczna;

Rozpoznawanie molekularne w oddziaływaniach receptor-ligand;

Wewnątrzkomórkowe procesy molekularne, na które wpływa pH;

Struktura i dynamika biomakromolekuł;

Fizyka enzymów;

Stłoczenie molekularne w żywych komórkach;

Mechanizmy regulacji replikacji, transkrypcji i translacji;