

Wybrane Zagadnienia Biofizyki Molekularnej

(1100-5BM15)

Jan M. Antosiewicz

**Zakład Biofizyki
Instytut Fizyki Doświadczalnej
Wydział Fizyki**

WKŁAD 1

8 października, 2024

**Biofizyka molekularna jako dyscyplina nauk
przyrodniczych i jej ważne problemy
z perspektywy historycznej**

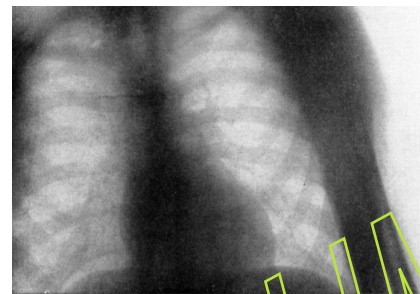
<http://www.fuw.edu.pl/~jantosi/>

jantosi@fuw.edu.pl

1921 – Instytut Fizycznych Podstaw Medycyny
1922 – przyjazd Borysa Rajewskiego, grudzień
1937 – Instytut Biofizyki Cesarza Wilhelma
1948 – Instytut Biofizyki Maxa Plancka
Dyrektorzy: 1921-1934 Friedrich Dessauer;
1934-1966 Boris Rajewski

Oficjalna broszura Instytutu Biofizyki Maxa Plancka: Instytut ma swoje korzenie w Instytucie Fizycznych Podstaw Medycyny założonym w 1921 roku przez Fundację Oswalta, powołaną do życia przez mieszkańców Frankfurtu. Dyrektorem instytutu został Friedrich Dessauer, wielbiciel Wilhelma Roentgena, który próbował zastosować fizykę radiacyjną w medycynie i biologii. Jako konserwatywny poseł do parlamentu z ramienia demokratycznego „Zentrumspartei” Dessauer sprzeciwiał się dojściu do władzy narodowych socjalistów i w 1934 r. został zmuszony do emigracji. Jego następcą, Borys Rajewski, kolega i wieloletni współpracownik, w 1937 r. zmienił nazwę Instytutu na Instytut Biofizyki Cesarza Wilhelma we Frankfurcie i stał się on częścią Towarzystwa Rozwoju Nauki im. Cesarza Wilhelma (założonego w 1911 r.). Rajewski utworzył pojęcie „Biofizyka” (1923), dzięki czemu Instytut stał się jednym z pierwszych znanych pod tą nazwą*.

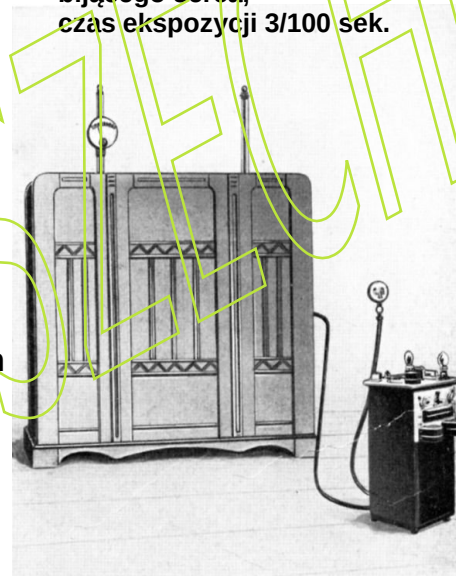
*stwierdzenie nadal obecne na stronie internetowej Instytutu, październik 2024



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



Friedrich Dessauer (1881-1963)



„Aparat błyskowy” do szybkiego obrazowania rentgenowskiego



Boris Rajewski (1893-1974)



Instytut Biofizyki Maxa Plancka przy ulicy Max-von-Laue-Straße, we Frankfurcie nad Menem. Obok mieszczą się Uniwersyteckie Biocentrum i nowa siedziba Wydziału Fizyki.

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

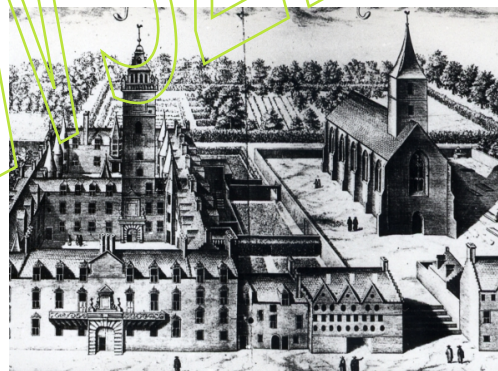
UWAGI WSTĘPNE

Książka ta nie rości sobie pretensji do tego, że jest wyczerpującym czy też nawet systematycznym przedstawieniem biofizyki. Jej celem jest choć w części wyjaśnić czym jest biofizyka. Aktualne publikacje medyczne są pełne wyrażen¹ zaczerpniętych z terminologii fizykochemicznej i fizycznej. Współcześni klinicyści przedstawiają swoje idee językiem nieznanym ich poprzednikom, a sposób wyrażania przez nich myśli jest taki jak u fizyków.

Na kolejnych stronach, poza omówieniem terminologii fizykochemicznej, podjęto próbę wyjaśnienia zjawisk fizjologicznych na gruncie fizyki.

David Burns
Wykładowca chemii fizjologicznej
na Uniwersytecie w Glasgow

Fizjologia to nauka o mechanizmach rządzących przebiegiem czynności życiowych organizmów. Termin „fizjologia” został wprowadzony przez francuskiego lekarza Jeana Fernela (1497-1558).



1451: Uniwersytet w Glasgow;

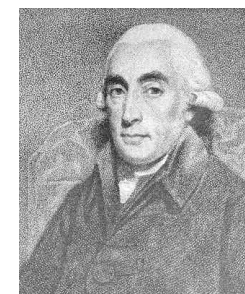


1747: Wydział Chemii

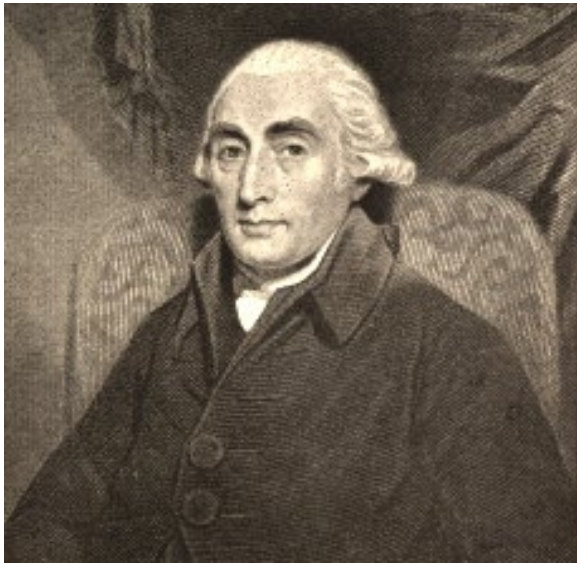


William Cullen
1747-1756

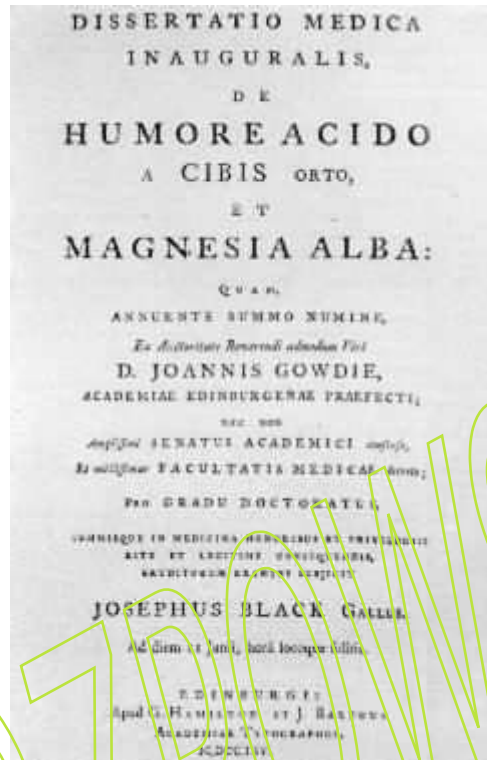
W 1747 roku Cullen otrzymał pierwsze w Wielkiej Brytanii powołanie na stanowisko wykładowcy chemii, w ramach Wydziału Lekarskiego. W 1756 roku jego następcą został jego uczeń Joseph Black, który zastąpił już z edynburskiej rozprawy o magnezji białej (węglan wapnia, CaCO_3).



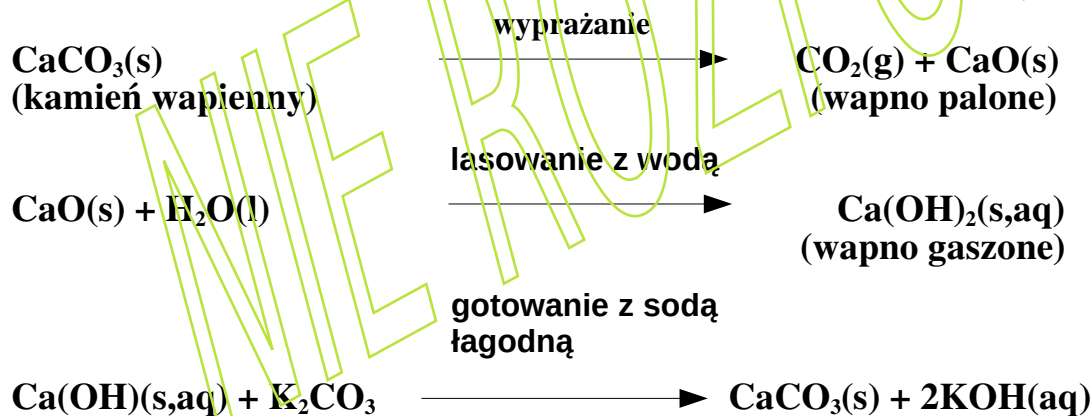
Joseph Black
1756-1766



Joseph Black (1728-1799)



Rozprawa doktorska pt. Magnesia Alba, 1754, Uniwersytet w Edynburgu



Ciała stałe mogą "wiązać" gazy

Wydział Fizjologii Uniwersytetu w Glasgow

Początek nauczania: połowa XVIII wieku, jako część programu studiów medycznych;

1827: wprowadzenie do programu nauczania przedmiotu Teoria Medycyny, przez Dziekana Wydziału Medycznego, Charlesa Badhama;

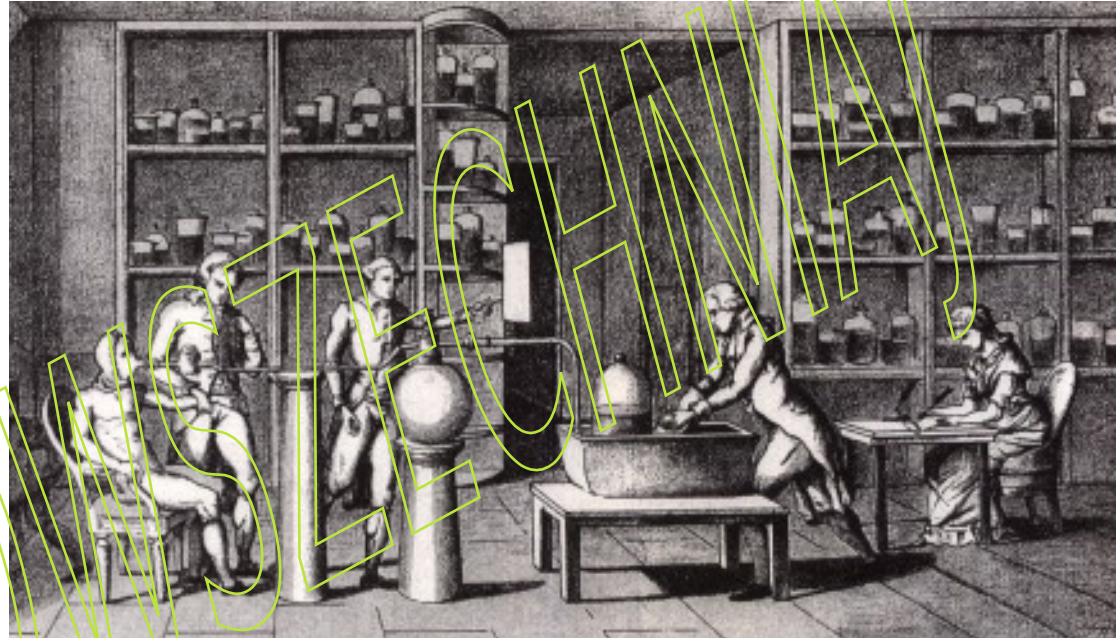
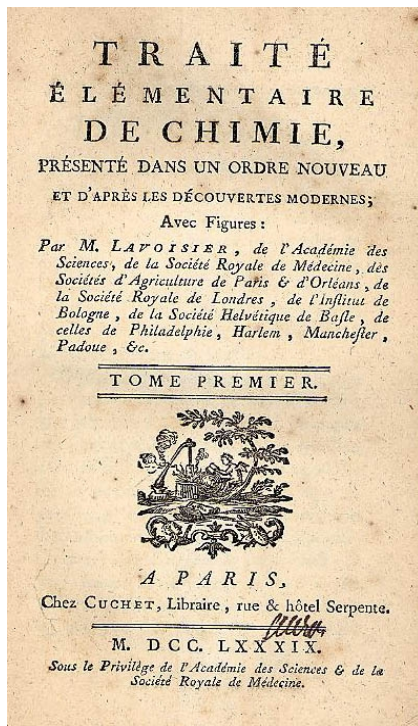
1832: Badham ustanawia niezależne stanowisko wykładowcy Teorii Medycyny;

1839: utworzenie katedry Teorii Fizyki (Instytutu Medyczne) i powierzenie jej kierownictwa Andrew Buchananowi, który wykładał fizjologię, patologię, terapię i higienę;

1876: następcą Buchanana został John Gray McKendrick (1876-1906), który zrezygnował ze starszego terminu „fizyka” i użył dla wykładowanego przedmiotu nowej nazwy „fizjologia”;

1893: katedrę przemianowano na Katedrę Fizjologii. Trzeci piastujący tę katedrę Diarmid Noel Paton (1906-1928) używał nazwy „Instytut Fizjologii”, aby podkreślić ciągłość z „Instytutem Medycznym”. Do 1906 roku fizjologia przekształcała się w niezależny wydział z dobrze obsadzoną kadrą, w skład którego wchodził wykładowca fizjologii eksperymentalnej i wykładowca histologii.

Prace fizjologiczne Antoine'a Lavoisiera (1743-1794)



Traité élémentaire de chimie (Podstawowy traktat o chemii) Lavoisiera, opublikowany w 1789 r., stanowi syntezę jego wkładu w chemię i można go uznać za pierwszy nowoczesny podręcznik na ten temat.

Lavoisier: rozszerzenie teorii spalania na obszar fizjologii oddychania (w latach 70-tych XVIII wieku).

Motywacja: powietrze w obu procesach odgrywa zasadniczą rolę.

Eksperyment: Zewnętrzna powłoka kalorymetru jest wypełniona śniegiem. Śnieg się topi utrzymując stałą temperaturę 0°C wokół wewnętrznej powłoki wypełnionej lodem. Mierzy się ilość dwutlenku węgla (gazometr Megnie'a) i ciepła wytworzonego (na podstawie ilości stopionego lodu) po zamknięciu żywej świnki morskiej aparacie i porównuje z ilością ciepła wytworzonego podczas spalania w kalorymetrze lodowym wystarczającej ilości węgla, aby wytworzyć taką samą ilość dwutlenku węgla, jaką wytworza świnka morska.

Lavoisier wnioski: wymiana gazów oddechowych podczas oddychania jest spalaniem podobnym do spalania świecy. To ciągle, powolne spalanie (przypuszczalnie zachodzące w płucach), umożliwia żywemu zwierzęciu utrzymanie stałej co wyjaśnia zagadkowe zjawisko zwierzęcego ciepła.

Rodney Stark, amerykański socjolog religii, wybitny profesor nauk społecznych na Uniwersytecie Baylor w Teksasie*: *Uniwersytet był czymś nowym pod słońcem – instytucją zajmującą się wyłącznie „nauką wyższą”. Ten chrześcijański wynalazek bardzo różnił się od chińskich akademii mandaryńskich czy szkół mistrzów zen. Nowe uniwersytety nie skupiały się głównie na przekazywaniu ogólnie przyjętej wiedzy. Raczej, jak ma to miejsce dzisiaj, uznani wykładowcy byli zapraszani na inne uniwersytety, aby skonfrontować swoje teorie z innymi uczonymi. W rezultacie we wczesnym średniowieczu profesorowie uniwersyteccy, zwani także scholastykami, skupiali swoją uwagę przede wszystkim na poszukiwaniu wiedzy. I osiągnęli niezwykle rezultaty.*

WIKIPEDIA: Uniwersytet to instytucja szkolnictwa wyższego (lub studiów wyższych) i badań, która przyznaje stopnie naukowe w kilku dyscyplinach akademickich. Uniwersytety zazwyczaj oferują programy studiów licencjackich i podyplomowych w różnych szkołach lub na różnych wydziałach. Słowo uniwersytet pochodzi od łacińskiego słowa *universitas magistrorum et Scholarium*, co z grubsza oznacza „wspólnotę nauczycieli i uczonych”. **Pierwsze uniwersytety w Europie założyli mnisi Kościoła katolickiego.**

Roger Bacon (1214–1294), studiował w Oksfordzie i Paryżu, filozof, astronom i alchemik, doktorat z teologii, 1241.

Opus Magnus (1267): *Istnieją dwie metody zdobywania wiedzy: poprzez refleksję i eksperyment. Rozważania prowadzą do wniosków i zmuszają do pogodzenia się z nimi, ale nie dają pewności ani nie usuwają podejrzeń, że nasz umysł nie jest oparty na prawdzie, chyba że wnioski zostaną poparte eksperymentem.*

Do dziś idea ta uważana jest za jeden z fundamentów nauk przyrodniczych, a w szczególności fizyki.



CAVENDISH LABORATORY

1874-1974

Established by the Duke of Devonshire and extended by Lord Rayleigh (1908) and Lord Austin (1940), the Cavendish Laboratory housed the Department of Physics from the time of the first Cavendish Professor, James Clerk Maxwell, until its move to new laboratories in West Cambridge

Przed drugą połową XIX w. na uniwersytetach nie było wydziałów fizyki i biologii. Na przykład Sorbona, założona w XII wieku, na początku XIX wieku posiadała jeszcze cztery wydziały: nauki ścisłe, humanistyczne, prawno-ekonomiczne i medyczne.

W 1874 roku William Thompson, absolwent Cambridge, organizuje pierwsze uniwersyteckie laboratorium fizyczne w Cambridge. Laboratorium Cavendisha, nazwane na cześć fizyka Henry'ego Cavendisha, można uznać za pierwszy na świecie Wydział Fizyki. Laboratorium zostało ufundowane przez Williama Cavendisha, ówczesnego rektora uniwersytetu. Zdjęcie przedstawia stary budynek wydziału przy Free School Lane.

W 1875 roku zostaje utworzony pierwszy Wydział Biologii Uniwersytetu (Uniwersytet w Leeds, Anglia)

INTRODUCTION

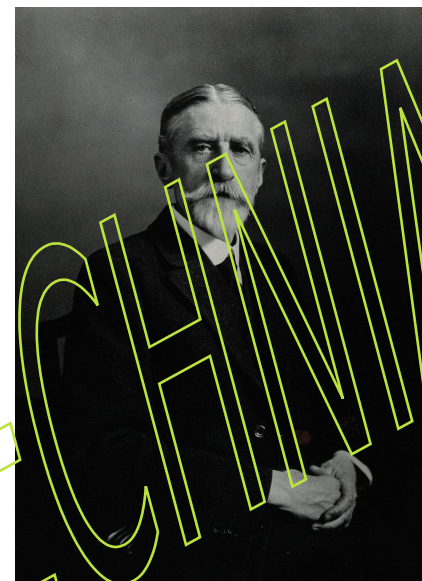
BY PROFESSOR D. NOËL PATON, M.D., LL.D., F.R.S.

ON looking back over a forty years' association with physiology nothing is more striking than the influence which the application of physics has exercised upon the progress of the sciences.

I well remember that, as long ago as 1878, my first teacher began his lectures on the Institutes of Medicine by defining physiology as the application of physics and chemistry to the study of the body in action.

But at that time the possibility of applying these sciences was limited. In the first place, their development, and especially the development of physics, was not sufficiently advanced. The dissociation of atoms into ions was hardly recognised, the significance of Graham's colloids was not appreciated, and the phenomena of surface tension had hardly been applied to molecular physics. In the second place, physiologists were then generally men trained for medicine whose education in physics and chemistry had been extremely limited. Of course, there were notable exceptions—e.g. Helmholtz and du Bois Reymond.

These older physiologists had to be content with recording phenomena rather than with explaining them, and they loved to chronicle their observations in high-sounding Greek names. Can one ever forget the sense of profound knowledge which one enjoyed as a junior student in mastering such terms as "delomorphous" and "adelomorphous" as descriptive of the cells of the stomach? The so-called chemical physiologists were perhaps the worst offenders. For, having isolated, or thought they had isolated, some constituent of the body of quite unknown chemical constitution, they promptly gave it a name with no connection with its chemical nature, and these names have generally continued in use, to the confusion of generations of students. In the present age of "hormones" and "vitamines" one wonders how far the tendency has been eradicated.



Diarmid Noel Paton, 1859-1928; W latach 1906-1928 the Regius Professor of Physiology at the University of Glasgow.

Patrząc wstecz na ponad czterdziestoletnie związki z fizjologią nic nie jest bardziej uderzające niż wpływ jaki wywarło na niej stosowanie fizyki. Dobrze pamiętam, że już w 1878 roku mój pierwszy nauczyciel rozpoczął wykłady w Instytucie Medycznym od zdefiniowania fizjologii jako zastosowania fizyki i chemii do badania organizmu żywego w działaniu.

Ale w tamtym czasie możliwość zastosowania tych nauk była ograniczona. Przede wszystkim rozwój fizyki nie był wystarczająco zaawansowany. Po drugie, fizjolodzy byli ludźmi wyszkolonymi głównie w zakresie medycyny, natomiast ich wykształcenie w zakresie fizyki i chemii było bardzo ograniczone. Oczywiście były godne uwagi wyjątki, m.in. **Helmholtz i du Bois Reymond**.

W fizjologii i psychologii znany jest ze swojego matematycznego opisu działania oka, teorii widzenia, pomysłów na wizualne postrzeganie przestrzeni, badań nad widzeniem kolorów oraz odczuciem tonu, percepcją dźwięku i empiryzmu w fizjologii percepcji.

W fizyce znany jest ze swoich teorii dotyczących zasady zachowania energii, prac z zakresu elektrodynamiki, termodynamiki chemicznej i mechanicznych podstaw termodynamiki.

Jako filozof znany jest ze swojej filozofii nauki, idei dotyczących relacji między prawami percepcji a prawami natury, nauk o estetyce oraz idei o cywilizacyjnej sile nauki.

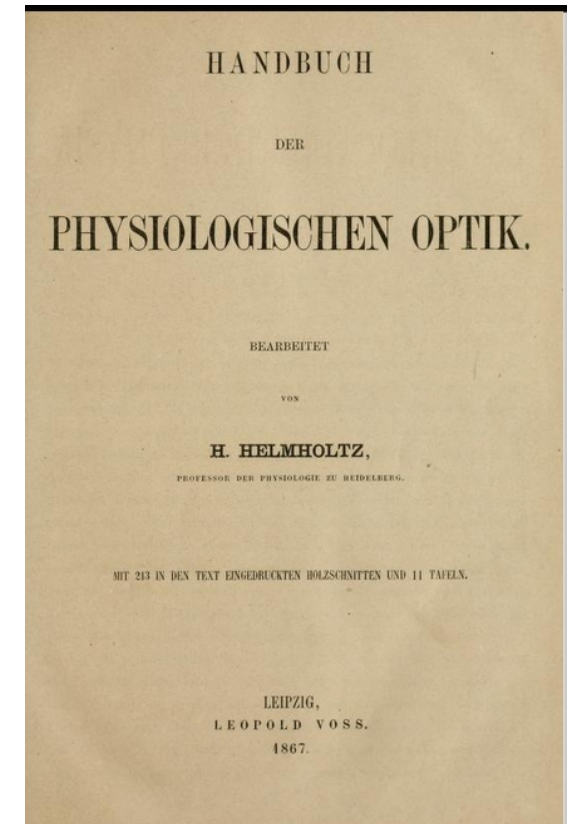
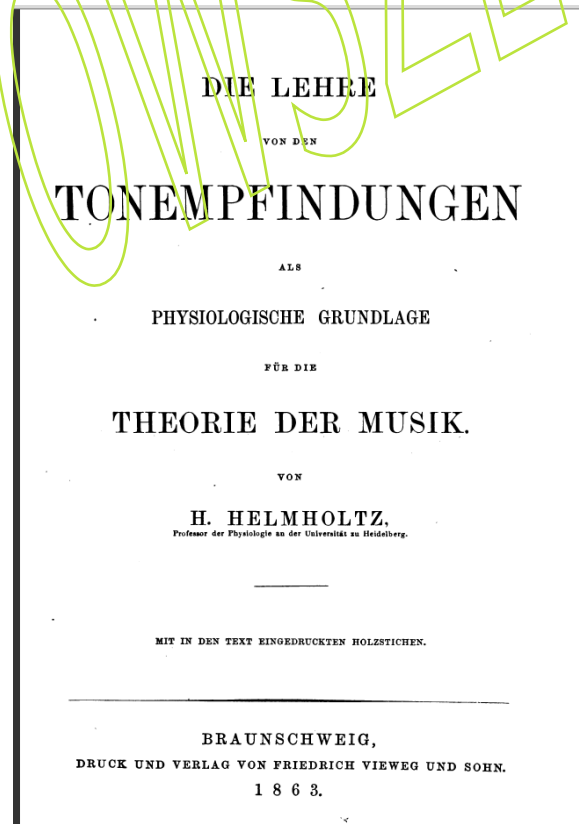


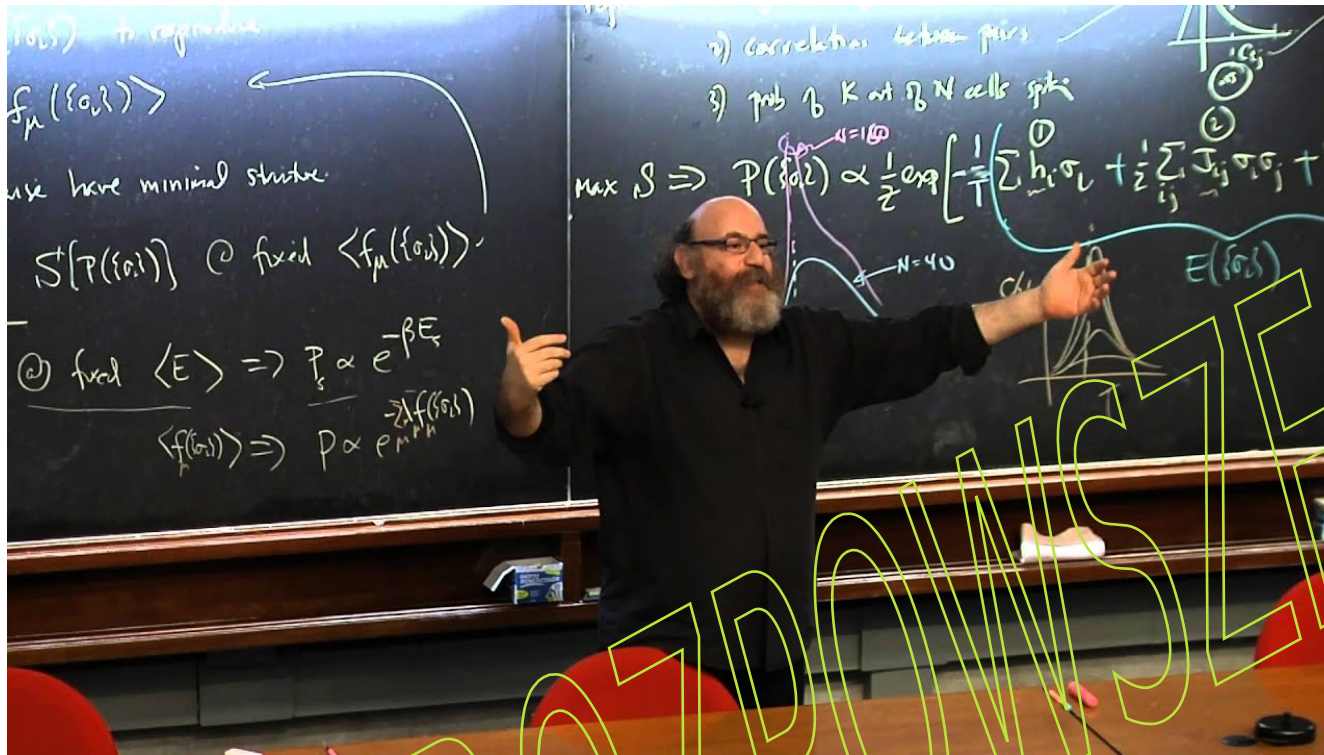
1849–1855 Profesor fizjologii w Królewcu
1855–1858 Profesor fizjologii i anatomii w Bonn
1858–1871 Profesor fizjologii w Heidelbergu
1871–1877 Profesor fizyki na Uniwersytecie w Berlinie
1877–1887 Profesor fizyki w Wojskowym Instytucie Medycyny i Chirurgii w Berlinie
1887–1894 Założyciel i prezes Physicalisch-Technische Reichsanstalt¹ w Berlinie

¹Dowolna z kilku publicznych instytucji monopolistycznych w byłym Cesarstwie Niemieckim.

Hermann von Helmholtz (1821-1894).

- 1847 – Über die Erhaltung der Kraft, read before the Physical Society of Berlin on the 23rd of July
- 1849 – Measurement of the speed at which the signal is carried along a nerve fibre, 24.6-38.4 m/s.
- 1850 – Description of an Ophthalmoscope for the Investigation of the Retina in the Living Eye
- 1862 – invented a resonator to identify the various frequencies or pitches of the pure sine wave components of complex sounds containing multiple tones.

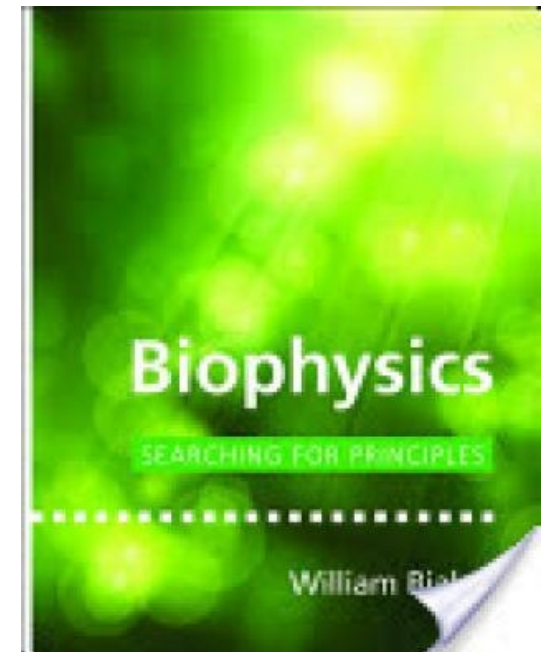




William Bialek (ur. 1960) profesorem fizyki w Battelle Memorial Institute¹ (John Archibald Wheeler chair) i członkiem multidyscyplinarnego Instytutu Genomiki Integracyjnej Lewisa-Siglera na Uniwersytecie Princeton. Ponadto pełni funkcję wizytującego profesora fizyki w Graduate Center na City University of New York, gdzie pomaga w uruchomieniu Inicjatywy na rzecz Nauk Teoretycznych.

Najbardziej znany z wkładu w zrozumienie kodowania i obliczeń w mózgu.

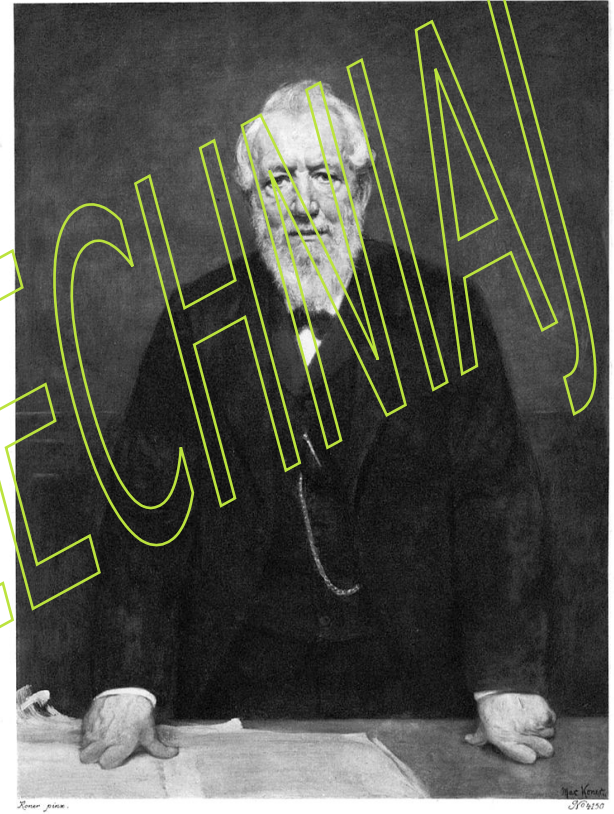
Czytając dzisiaj Helmholtza, uderza mnie, jak bardzo jego spostrzeżenia wciąż kierują naszym myśleniem o wzroku i słuchu, i jak naturalność jego interdyscyplinarnego dyskursu pozostaje czymś, co osiąga niewielu współczesnych naukowców, pomimo wszystkich obecnych fanfar o znaczeniu prac interdyscyplinarnych. Przede wszystkim uderza mnie jego niesamowita ambicja, aby fizyka nie zatrzymywała się w punkcie, w którym światło pada w nasze oczy lub dźwięk wpada do naszych uszu, i że powinniśmy szukać fizyki, która sięga aż do naszego osobistego, świadomego doświadczania świata w całym jego pięknie*.



*W. Bialek, Biophysics: Searching for Principles, a draft, Dated: September 18, 2011; A hard cover Book form was printed in 2012 by Princeton Univ Press

¹Battelle Memorial Institute to prywatna firma non-profit zajmująca się rozwojem nauk stosowanych i technologii z siedzibą w Columbus w stanie Ohio.

Emil Heinrich du Bois-Reymond (1818-1896) był niemieckim lekarzem i fizjologiem, współodkrywcą potencjału czynnościowego nerwów i twórcą elektrofizjologii doświadczalnej.



Du Bois-Reymond

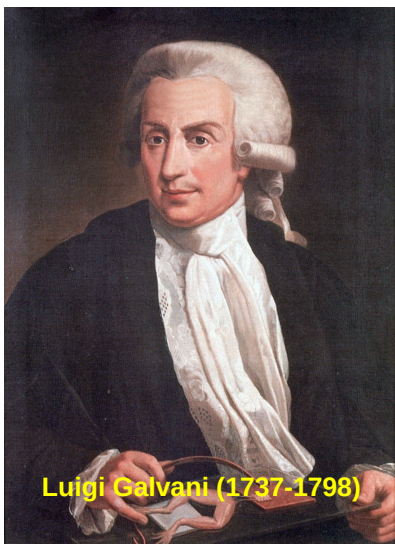
Biologisches Institut in Berlin

Du Bois-Reymond wysunął ogólną koncepcję, że żywą tkankę, taką jak mięsień, można uznać za złożoną z szeregu cząsteczek elektrycznych i że zachowanie elektryczne mięśnia jest tego konsekwencją.

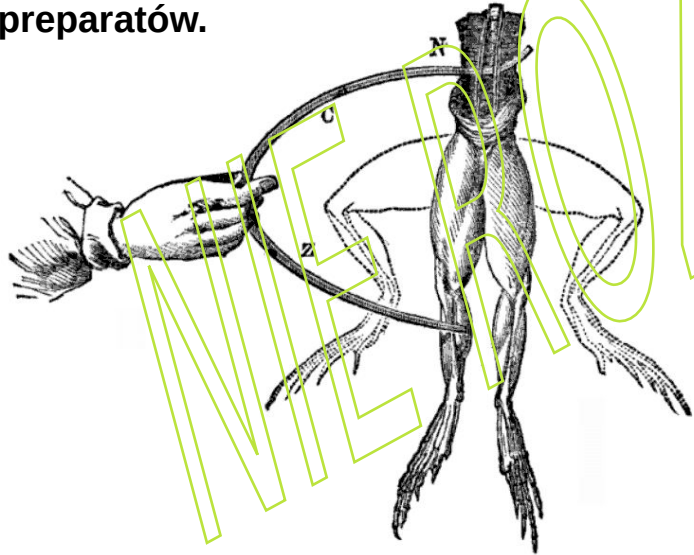
Obecnie wiemy, że są to jony sodu, potasu i pierwiastków, których gradienty odpowiadają za utrzymanie potencjałów błonowych w komórkach pobudliwych.

Prace Du Bois-Reymonda dotyczyły głównie elektryczności zwierząt, jak również zjawisk dyfuzji, produkcji kwasu mlekowego w mięśniach i rozwoju porażenia prądem przez ryby.

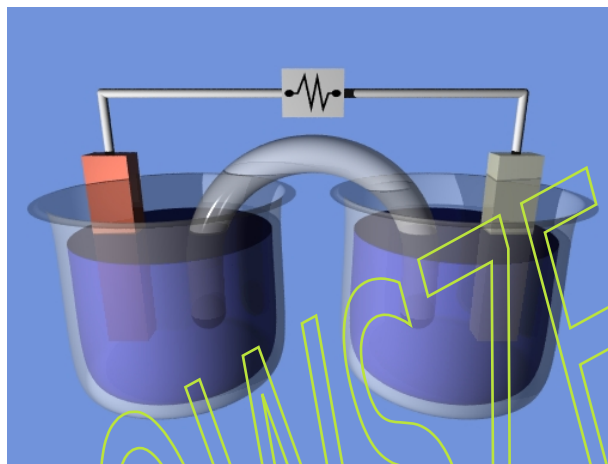
galwanizm → elektrofizjologia



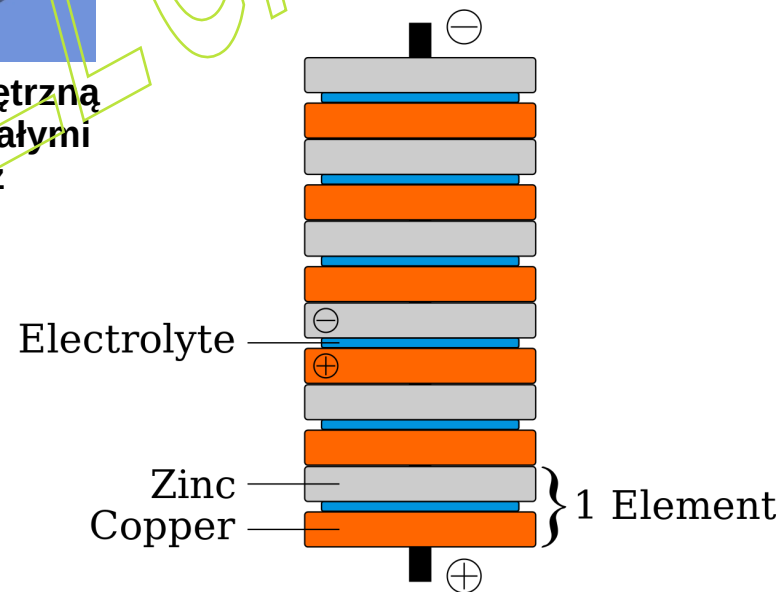
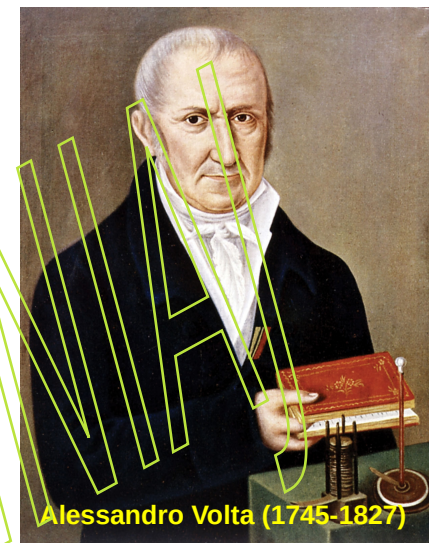
Galvani utworzył pojęcie elektryczność zwierzęca, aby opisać siłę, która aktywuje mięśnie badanych przez niego preparatów.



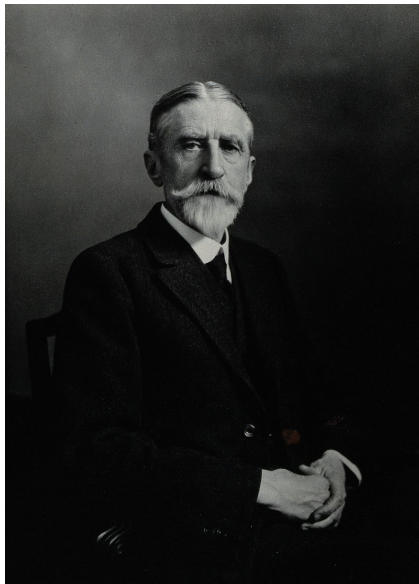
Przykład eksperymentu Galwaniego: Elektrody dotykają żaby, a nogi unoszą się do góry.



Volta: Galvani pomylił wewnętrzną elektryczność zwierzęcą z małymi prądami wytwarzanymi przez metale.



Bateria firmy Volta składa się z dwóch elektrod: jednej wykonanej z cynku, drugiej z miedzi. Elektrolitem jest kwas siarkowy zmieszany z wodą, występujący w postaci $2H^+$ i SO_4^{2-} . Cynk, który jest wyższy w szeregu elektrochemicznym niż miedź i wodór, reaguje z ujemnie naładowanym siarczanem (SO_4^{2-}). Dodatnio naładowane jony wodoru (protony) wychwytyują elektrony z miedzi, tworząc pęcherzyki gazowego wodoru, H_2 . To sprawia, że pręt cynkowy jest elektrodą ujemną, a pręt miedziany elektrodą dodatnią. Zatem istnieją dwa zaciski i po ich podłączeniu płynie prąd elektryczny.



Diarmid Noel Paton, 1859-1928, a Scottish physician and academic. From 1906 to 1928, he was the Regius Professor of Physiology at the University of Glasgow.

W niniejszym tomie dr Burns próbuje pokazać tę rolę, którą fizyka zaczęła grać w rozwiązywaniu problemów fizjologii. Nauka bio-fizyki ewoluowała w ten sam sposób jak bio-chemia. Być może jakaś próba powinna być dokonana w tytule, aby wskazać, że jest to książka o problemach fizjologii kręgowców, a nie o podstawowych problemach związanych z życiem w ogólności.

Książka ta pokazuje, jak rosnąca liczba charakterystycznych reakcji zachodzących w organizmach żywych może być wytłumaczona w kategoriach zwyczajnych procesów fizycznych ...

W miarę rozwoju zastosowań fizyki i chemii w fizjologii, można wiarygodnie przewidywać, że coraz mniej ważnych przejawów życia pozostanie niewyjaśnione.

Pochodzenie materii żywej, jej rozprzestrzenienie się po całym globie, jej cudowny i niekończący się rozwój i ewolucja oraz jej oddziaływanie z otaczającym światem, mogą być wyjaśnione w języku fizyki i chemii. Lecz świadomość i jej związki z materią żywą pozostaną tajemnicą, którą były i są.

INTRODUCTION

xiii

“What is abnormal?” “Why is it abnormal?” Perhaps it is wiser not to enquire too curiously into the position of the physician of the present.

The development of physiology on the lines indicated has also made possible the growth of the sciences of experimental pathology, of experimental medicine and of pharmacology; and the knowledge of disease and of its treatment has thus been put upon a sounder basis.

All this has followed the adoption of physics and chemistry as the guides of the physiologists.

In the present volume, Dr. Burns attempts to show the part which physics has come to play in the solution of the problems of physiology. A science of bio-physics has evolved in the same way as that of bio-chemistry. Perhaps some attempt should have been made in the title to indicate that it is the problems of the physiology of vertebrates rather than the basic problems of life generally which are dealt with.

The book is intended for students of human physiology, although it cannot fail to interest all workers in biology.

It demonstrates what a very large number of the characteristic reactions of living matter may be explained in terms of ordinary physical processes, and it thus shows the reduction which is taking place in the number of phenomena which some are still content to explain as due to a mysterious vital action instead of simply confessing that they are yet not understood.

As the application of physics and chemistry to physiology is extended, it is safe to predict that fewer and fewer of these vital manifestations will remain unexplained.

The origin of living matter, its increase and dispersion all over the globe, its marvellous and endless developments and evolutions, and its reactions with its surroundings may all be explained in terms of physics and chemistry. But consciousness and its association with living things will ever remain the mystery it has been and is.

CONTENTS

	PAGE
INTRODUCTION. By Professor D. Noël Paton, M.D., LL.D., F.R.S.	xi

PART I. SYSTEMATIC

SECTION I. ENERGETICS

CHAP.	
I. LAWS OF ENERGY	1
II. THE STORAGE OF ENERGY	13
III. LIBERATION OF ENERGY—(1) CALORIMETRY	21
IV. LIBERATION OF ENERGY—(2) THE ANIMAL AS A MACHINE	32
V. LIBERATION OF ENERGY—(3) ENERGY OF SUBSTANCE IN SOLUTION. OSMOTIC PRESSURE	36
VI. LIBERATION OF ENERGY—(4) SURFACE TENSION	46

SECTION II. CELLULAR MECHANICS

VII. IONS	49
VIII. DISPERSE SYSTEMS	65
IX. ENZYMES	91
X. MEMBRANES	107
XI. RADIO-ACTIVITY	117
XII. THE CELL	129

SECTION III. CELL COMMUNITIES

XIII. MUSCLE CELLS	135
XIV. MANUFACTURING CELLS	148
XV. ELIMINATING CELLS	155
XVI. CONNECTIVE TISSUE CELLS	166
XVII. INTELLIGENCE SERVICE—NERVE CELLS	182
XVIII. OUTPOSTS OF THE INTELLIGENCE SERVICE—GENERAL RECEPTORS	191
XIX. OUTPOSTS OF THE INTELLIGENCE SERVICE—EAR	200
XX. OUTPOSTS OF THE INTELLIGENCE SERVICE—EYE	215

CONTENTS

SECTION IV. TRANSPORT

CHAP.	PAGE
XXI. INLAND TRANSPORT—THE BLOOD	229
XXII. INLAND TRANSPORT—RESPIRATORY FUNCTION OF BLOOD	246
XXIII. INLAND TRANSPORT—LOADING UP	258
XXIV. INLAND TRANSPORT—CIRCULATION	274
XXV. INLAND TRANSPORT—ELECTROCARDIOGRAM	295
XXVI. OVERSEAS TRANSPORT—EXTERNAL RESPIRATION	301
XXVII. OVERSEAS TRANSPORT—ALIMENTARY CANAL	313
XXVIII. OVERSEAS TRANSPORT—LOCOMOTION	320
XXIX. OVERSEAS TRANSPORT—VOICE	325

SECTION V. THE ANIMAL AS A WHOLE

XXX. THE PRESERVATION OF NEUTRALITY	331
XXXI. THE REGULATION OF TEMPERATURE	336
XXXII. TROPISMS	354
XXXIII. ADAPTATION	360
XXXIV. GROWTH	363
XXXV. DEVELOPMENT	377
XXXVI. DEATH AND DISSOLUTION	388
XXXVII. EFFICIENCY	391

PART II. ILLUSTRATIVE EXPERIMENTS	398
-----------------------------------	-----

INDEX	427
-------	-----

Applied Biophysics

A Molecular Approach for Physical Scientists

Tom Waigh

 WILEY

(2007)

Contents

<i>Preface</i>	xi
<i>Acknowledgements</i>	xiii
1 The Building Blocks	1
1.1 Proteins	1
1.2 Lipids	11
1.3 Nucleic Acids	12
1.4 Carbohydrates	15
1.5 Water	18
1.6 Proteoglycans and Glycoproteins	20
1.7 Cells (Complex Constructs of Biomolecules)	21
1.8 Viruses (Complex Constructs of Biomolecules)	22
1.9 Bacteria (Complex Constructs of Biomolecules)	23
1.10 Other Molecules	23
Further Reading	23
Tutorial Questions	24
2 Mesoscopic Forces	25
2.1 Cohesive Forces	25
2.2 Hydrogen Bonding	28
2.3 Electrostatics	30
2.3.1 Unscreened Electrostatic Interactions	30
2.3.2 Screened Electrostatic Interactions	32
2.3.3 The Force Between Charged Spheres in Solution	36
2.4 Steric and Fluctuation Forces	38
2.5 Depletion Forces	42
2.6 Hydrodynamic Interactions	44
2.7 Direct Experimental Measurements of Intermolecular and Surface Forces	44

Further Reading	47
Tutorial Questions	48
3 Phase Transitions	49
3.1 The Basics	49
3.2 Helix–Coil Transition	53
3.3 Globule–Coil Transition	59
3.4 Crystallisation	64
3.5 Liquid–Liquid Demixing (Phase Separation)	68
Further Reading	74
Tutorial Questions	74
4 Liquid Crystallinity	77
4.1 The Basics	77
4.2 Liquid–Nematic–Smectic Transitions	92
4.3 Defects	95
4.4 More Exotic Possibilities for Liquid Crystalline Phases	100
Further Reading	103
Tutorial Questions	104
5 Motility	107
5.1 Diffusion	108
5.2 Low Reynold’s Number Dynamics	116
5.3 Motility	119
5.4 First Passage Problem	121
5.5 Rate Theories of Chemical Reactions	125
Further Reading	127
Tutorial Questions	127
6 Aggregating Self-Assembly	129
6.1 Surfactants	133
6.2 Viruses	137
6.3 Self-Assembly of Proteins	139
6.4 Polymerisation of Cytoskeletal Filaments (Motility)	142
Further Reading	148
Tutorial Questions	149
7 Surface Phenomena	151
7.1 Surface Tension	151
7.2 Adhesion	154
7.3 Wetting	156

7.4 Capillarity	160
7.5 Experimental Techniques	164
7.6 Friction	165
7.7 Other Surface Phenomena	168
Further Reading	168
Tutorial Question	169
8 Biomacromolecules	171
8.1 Flexibility of Macromolecules	171
8.2 Good/Bad Solvents and the Size of Polymers	177
8.3 Elasticity	183
8.4 Damped Motion of Soft Molecules	187
8.5 Dynamics of Polymer Chains	191
8.6 Topology of Polymer Chains – Super Coiling	199
Further Reading	201
Tutorial Questions	202
9 Charged Ions and Polymers	205
9.1 Electrostatics	207
9.2 Debye–Huckel Theory	213
9.3 Ionic Radius	214
9.4 The Behaviour of Polyelectrolytes	218
9.5 Donnan Equilibria	221
9.6 Titration Curves	223
9.7 Poisson–Boltzmann Theory for Cylindrical Charge Distributions	227
9.8 Charge Condensation	228
9.9 Other Polyelectrolyte Phenomena	232
Further Reading	234
Tutorial Questions	235
10 Membranes	237
10.1 Undulations	238
10.2 Bending Resistance	240
10.3 Elasticity	243
10.4 Intermembrane Forces	248
Further Reading	250
Tutorial Questions	251
11 Continuum Mechanics	253
11.1 Structural Mechanics	254

11.2 Composites	258
11.3 Foams	261
11.4 Fracture	263
11.5 Morphology	265
Further Reading	265
Tutorial Questions	266
12 Biorheology	267
12.1 Storage and Loss Moduli	270
12.2 Rheological Functions	274
12.3 Examples from Biology	276
12.3.1 Neutral Polymer Solutions	276
12.3.2 Polyelectrolytes	280
12.3.3 Gels	283
12.3.4 Colloids	287
12.3.5 Liquid Crystalline Polymers	288
12.3.6 Glassy Materials	290
12.3.7 Microfluidics in Channels	291
Further Reading	291
Tutorial Questions	291
13 Experimental Techniques	293
13.1 Static Scattering Techniques	294
13.2 Dynamic Scattering Techniques	297
13.3 Osmotic Pressure	303
13.4 Force Measurement	306
13.5 Electrophoresis	314
13.6 Sedimentation	321
13.7 Rheology	325
13.8 Tribology	333
13.9 Solid Properties	334
Further Reading	335
Tutorial Questions	336
14 Motors	339
14.1 Self-assembling Motility – Polymerisation of Actin and Tubulin	341
14.2 Parallelised Linear Stepper Motors – Striated Muscle	346
14.3 Rotatory Motors	350
14.4 Ratchet Models	350
14.5 Other Systems	352

Further Reading	353
Tutorial Question	353
15 Structural Biomaterials	355
15.1 Cartilage – Tough Shock Absorber in Human Joints	355
15.2 Spider Silk	368
15.3 Elastin and Resilin	369
15.4 Bone	371
15.5 Adhesive Proteins	372
15.6 Nacre and Mineral Composites	373
Further Reading	375
Tutorial Questions	375
16 Phase Behaviour of DNA	377
16.1 Chromatin – Naturally Packaged DNA Chains	377
16.2 DNA Compaction – An Example of Polyelectrolyte Complexation	380
16.3 Facilitated Diffusion	383
Further Reading	387
Appendix	389
Answers to Tutorial Questions	391
Index	407

Najważniejsze wyzwania w świecie materii ożywionej¹:

- 1) Początki życia i pierwszego replikatora²**
- 2) Pochodzenie świadomości i jej najbardziej podstawowe zasady**

¹Istnieje wiele innych specyficznych kwestii, takich jak fizyczne podstawy homeostazy i integralności żywych komórek, ale wydają mi się one mniej ważne dla światopoglądu, aczkolwiek mogą mieć znaczenie praktyczne

²w niektórych ujęciach teorii ewolucji to samopowielająca się struktura, dążąca do osiągnięcia jak największej liczby własnych kopii (wikipedia).

S. Rasmussen, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, USA

L. Chen, Argonne National Laboratory, Argonne, USA

D. Deamer, University of California at Santa Cruz, Santa Cruz, USA

D. C. Krakauer, Santa Fe Institute, Santa Fe, USA

N. H. Packard, ProtoLife Srl, Venice, Italy

P. F. Stadler, University of Leipzig, Leipzig, Germany

M. A. Bedau, Reed College, Portland, USA

Transitions from Nonliving to Living Matter

SCIENCE, vol. 303, str. 963-965 (2004)

Wszystkie formy życia składają się z cząsteczek, które same nie są żywe. Czym jednak różni się materia ożywiona od nieożywionej? Jak prymitywna forma życia mogła powstać ze zbioru nieożywionych cząsteczek? Przejście z materii nieożywionej do żywej jest zwykle poruszane w kontekście pochodzenia życia.

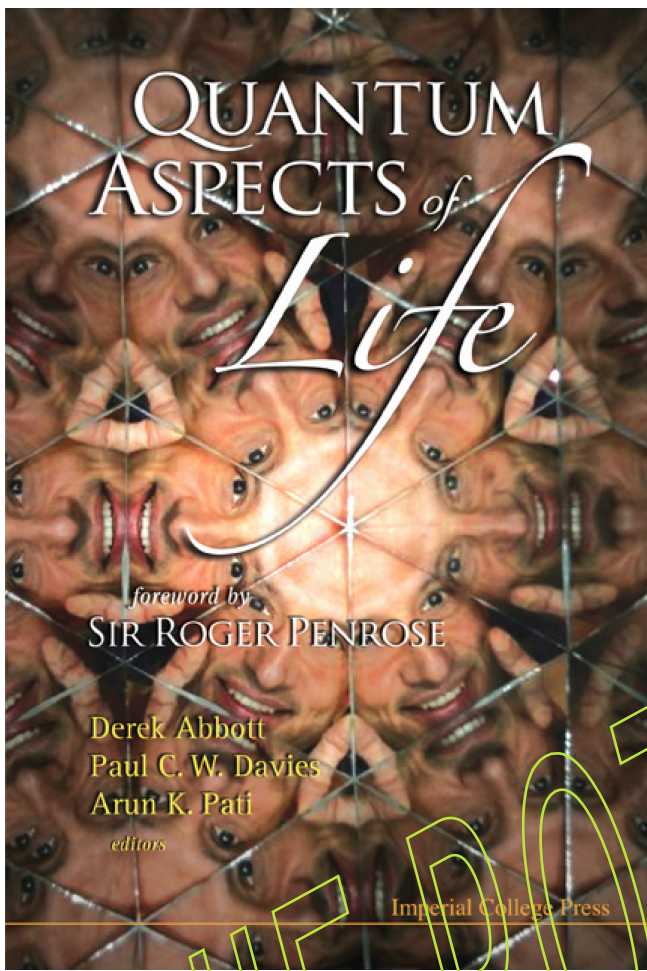
2024-10-07: 237 cytowań



Sara Imari Walker (School of Earth and Space Exploration and Beyond Center for Fundamental Concepts in Science, Arizona State University, Tempe, AZ, United States of America; Blue Marble Space Institute of Science, Seattle, WA, United States of America)

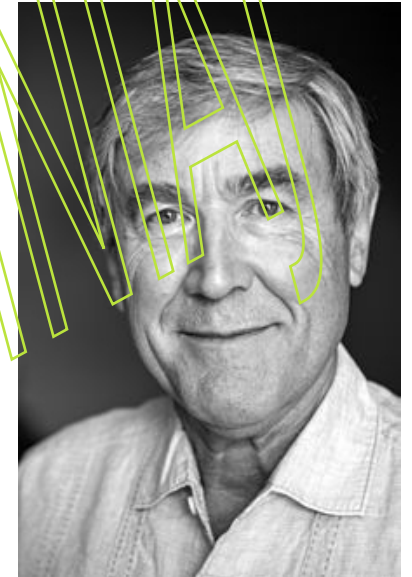
Sara Imari Walker, Reports on Progress in Physics, **80** (2017) 092601 (21pp):
Origins of life: a problem for physics, a key issues review

Główne wyzwanie polega na tym, że nie wiemy, czy życie to „tylko” bardzo złożona chemia, czy też istnieje coś zasadniczo odrębnego w materii żywej. Do czasu rozwiązania tej kwestii, rzeczywisty postęp w zrozumieniu powstawania życia będzie prawdopodobnie ograniczony.



Copyright © 2008 by Imperial College Press, London

Paul C. W. Davies, (ur. 1946) angielski fizyk, pisarz i prezydent telewizyjny, profesor na Uniwersytecie Stanowym w Arizonie i dyrektor BEYOND: Centrum Badania Fundamentalnych Koncepcji w Naukach Przyrodniczych.



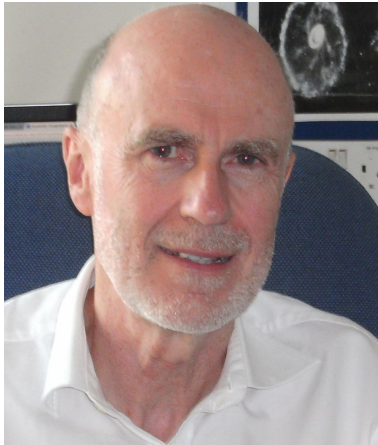
“A Quantum Origin of Life?”,
chapter 1 in Quantum Aspects of Life

Hipoteza, którą proponuję, jest taka, że przejście od nieożywionego do życia było procesem, w którym zasadniczą rolę odegrały efekty kwantowe.

Siła superpozycji kwantowych polega na tym, że system może badać wiele alternatywnych ścieżek jednocześnie, potencjalnie znacznie skracając czas przejścia. Powstanie życia z dowolnego stanu początkowego jest prawdopodobnie skrajnie nieprawdopodobne. Procesy kwantowe pozwalają na znacznie efektywniejsze eksplorowanie przestrzeni możliwości niż w przypadku klasycznego układu stochastycznego¹. Jeżeli istnieją gałęzie funkcji falowej „zawierające życie” (np. replikator kwantowy), to z założenia będą one miały bardzo małe amplitudy. Musimy zatem wyjaśnić, dlaczego funkcja falowa układu „zapada się” w jeden ze stanów o tak niskim prawdopodobieństwie wewnętrznym. Inaczej mówiąc, w jaki sposób superpozycja kwantowa rozpoznaje, że „odkryła” życie i inicjuje wspomniane załamanie?

¹Porównaj z paradoksem Levinthala 1969

Points made by Jim Al-Khalili and Johnjoe McFadden, "Quantum Coherence and the Search for the First Replicator" chapter 3 in Quantum Aspects of Life



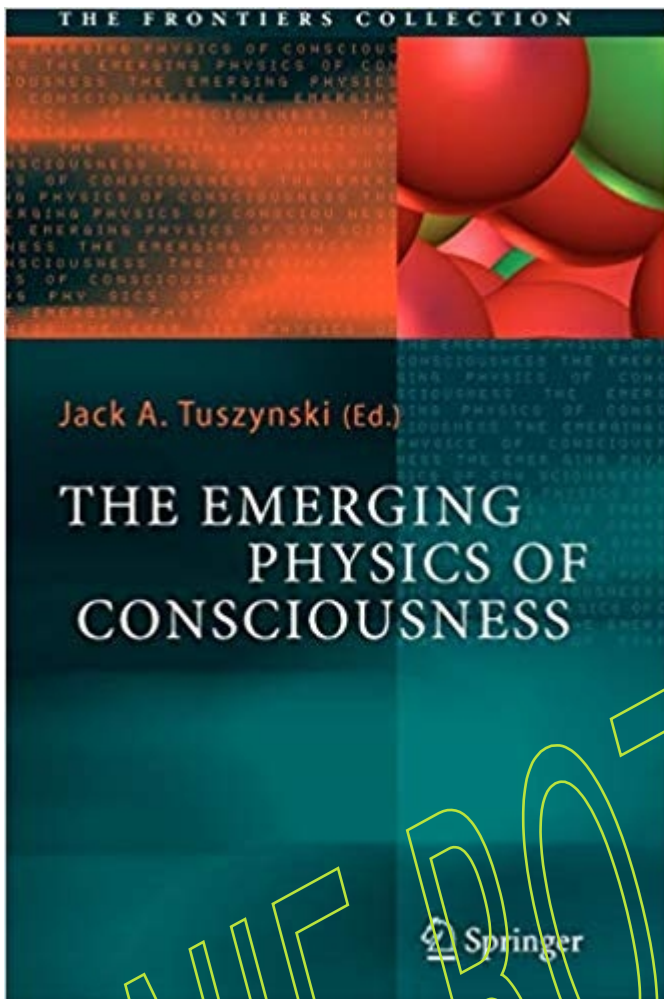
Johnjoe McFadden (ur. 1956), anglo-irlandzki naukowiec, pracownik naukowy i pisarz, profesor genetyki molekularnej na Uniwersytecie w Surrey w Wielkiej Brytanii.



Jameel Sadik "Jim" Al-Khalili (ur. 1962) profesor fizyki teoretycznej i kierownik działu zaangażowania społecznego w naukę na Uniwersytecie w Surrey w Wielkiej Brytanii.

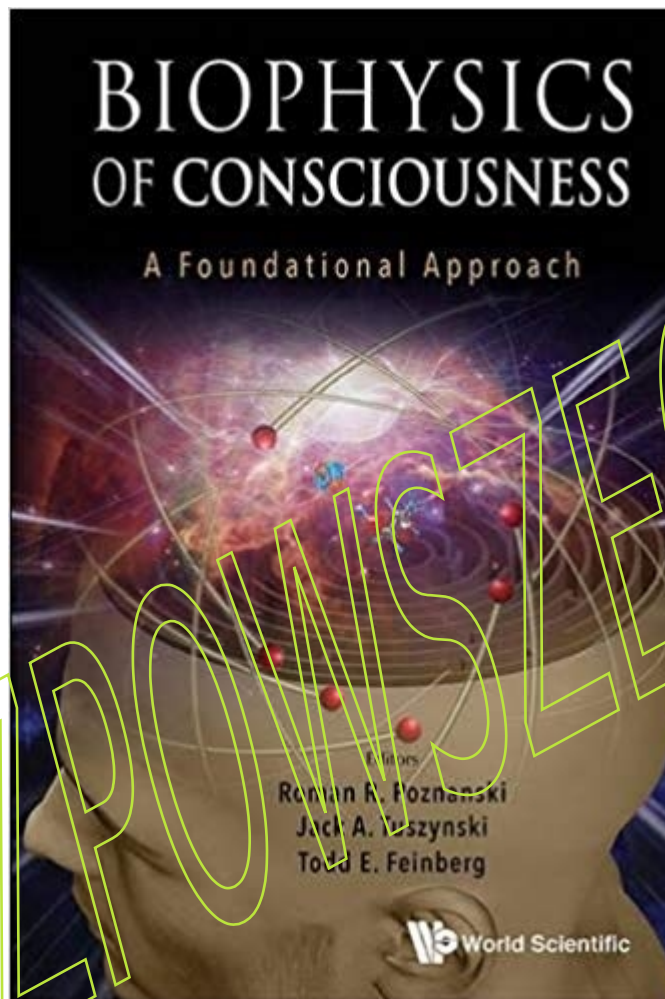
- 1) Życie po raz pierwszy pojawiło się na Ziemi między 3,0 a 3,8 miliarda lat temu w czymś zwanym "pierwotną zupą" (primordial soup).
- 2) Nawet gdyby obecne były w pierwotnej zupie wszystkie biomolekuły, do stworzenia samoreplikującego się układu pozostawała jeszcze długa droga.
- 3) Aby uczynić problem wyszukiwania bardziej przystępnym, uważamy bibliotekę struktur w naszej zupie za dynamiczną bibliotekę kombinatoryczną (taką jak szeroko stosowana w przemyśle farmaceutycznym do wyszukiwania nowych leków).
- 4) Wyobrażamy sobie naszą pierwotną zupę jako dynamiczną kwantową bibliotekę kombinatoryczną z wieloma cząsteczkami jednego związku, z których każda może istnieć w kwantowej superpozycji wszystkich możliwych stanów.

Jaka była natura pierwszego samoreplikatora? ... Samoreplikator będzie prawdopodobnie tylko jedną lub kilkoma strukturami w ogromnej przestrzeni możliwych struktur. Problem polega na tym, że losowe poszukiwania (zasadniczo procesy termodynamiczne) są zdecydowanie zbyt nieefektywne, aby znaleźć samoreplikator w jakimkolwiek możliwym okresie. ... Zatem wiele bardziej sprzecznych z intuicją cech tej teorii, takich jak superpozycja kwantowa, splątanie, tunelowanie i dekoherencja, może również okazać się odgrywać istotną rolę w opisie samego życia. ... Sugerujemy tutaj, że niektóre z głębszych aspektów mechaniki kwantowej mogły pomóc w rozpoczęciu życia w pierwotnej zupie. ... Zatem pytanie brzmi: czy mechanika kwantowa może przyspieszyć materię do życia poprzez „odkrywanie” biologicznie silnych konfiguracji molekularnych znacznie szybciej, niż można by się spodziewać klasycznie? Przecież to właśnie ta zasada leży u podstaw koncepcji komputera kwantowego.



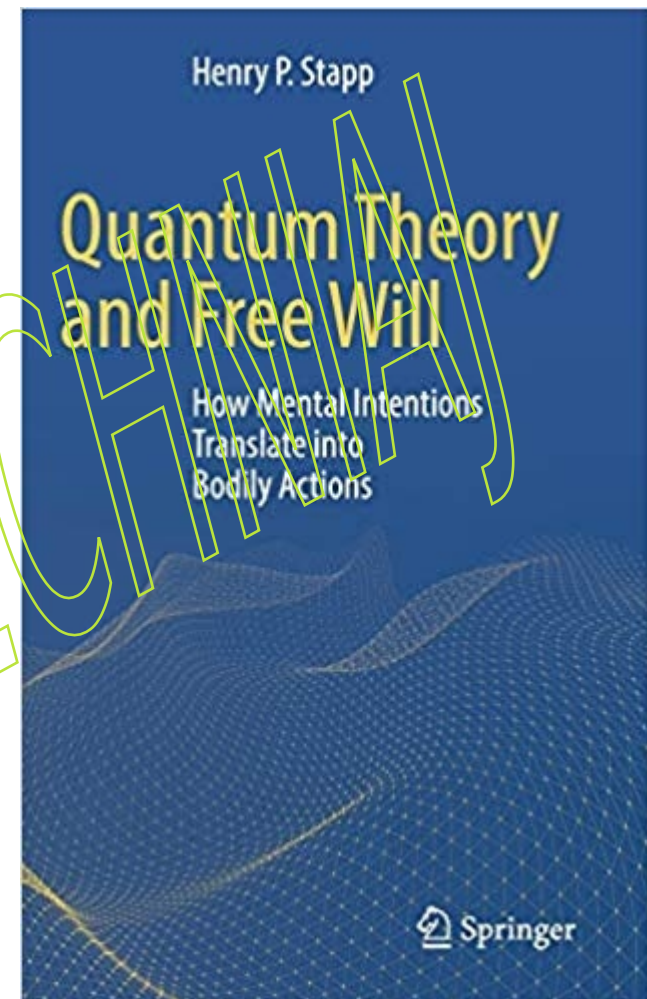
2006

Świadomość jest jednym z głównych nierozwiązanych problemów nauki. W jaki sposób uczucia i doznania składające się na świadome doświadczenie powstają w wyniku skoordynowanego działania komórek nerwowych i powiązanych z nimi procesów synaptycznych i molekularnych?



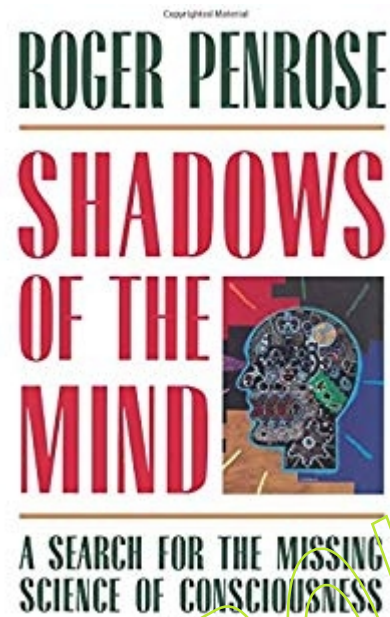
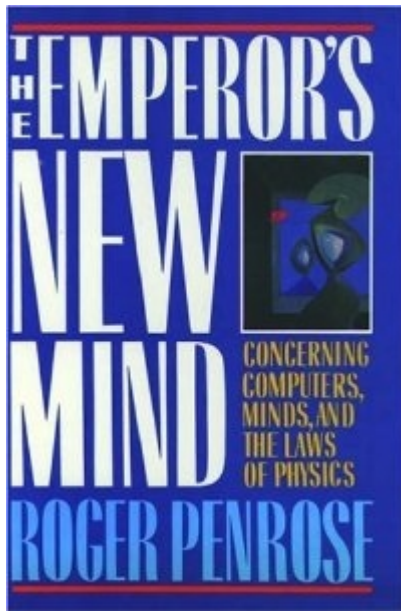
2016

Problem tego, w jaki sposób mózg wytwarza świadomość, podmiotowość i „coś, czym jest” pozostaje jednym z największych wyzwań stojących przed kompletną nauką o świecie przyrody.



2017

Autor, wybitny fizyk teoretyczny, pokazuje, jak realistycznie interpretowana mechanika kwantowa przypisuje ważną rolę naszym świadomym, wolnym wyborom. Stapp twierdzi, że główny nurt biologii i neuronauki, pomimo prawie stulecia fizyki kwantowej, nadal zasadniczo trzyma się nieudanych klasycznych zasad, zgodnie z którymi intencje umysłowe nie mają wpływu na nasze działania cielesne.



**Stuart Hameroff¹ and Roger Penrose²
Consciousness in the universe. A review of the 'Orch OR' theory
Physics of Life Reviews 11 (2014) 39–78**

¹Anesthesiology, Psychology and Center for Consciousness Studies, The University of Arizona, Tucson, AZ, USA

²Mathematical Institute and Wadham College, University of Oxford, Oxford, UK (Nagroda Nobla z Fizyki 2020)

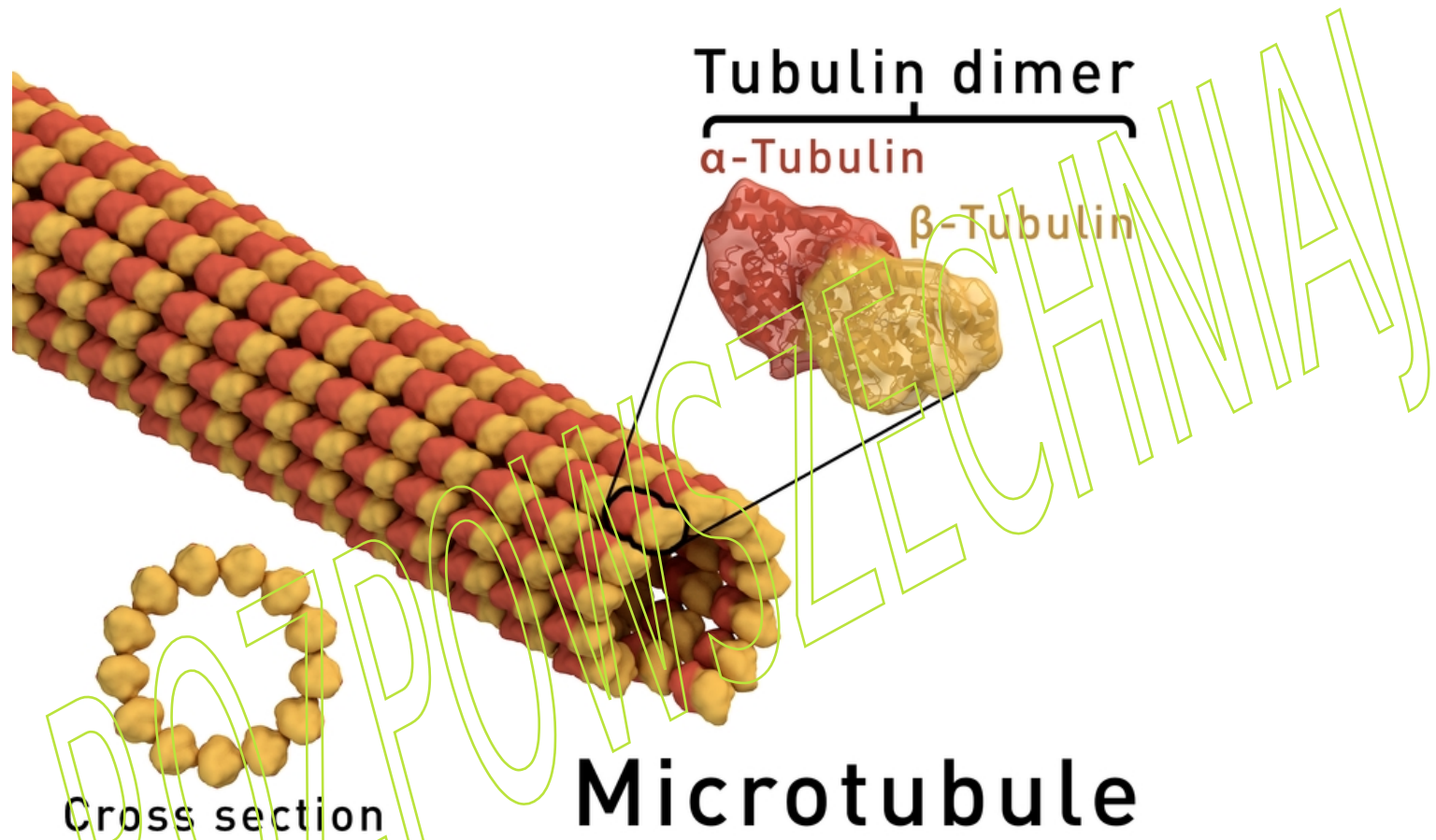
W połowie lat 90. zaproponowaliśmy, że świadomość zależy od biologicznie „zaaranżowanych” spójnych procesów kwantowych w zbiorach mikrotubul w neuronach mózgu.

W tej pracy dokonujemy przeglądu naszych koncepcji w świetle krytyki i rozwoju biologii kwantowej, neuronauki, fizyki i kosmologii.

Krytyka: Steve Paulson, May 4, 2017 (autor 36 publikacji, z czego 35 w Annals of the New York Academy of Sciences, 119 cytowań, HI 4)

Marvin Minsky powiedział mi kiedyś, że badanie świadomości jest „tym, na co ludzie marnowali czas w XX wieku”.

Marvin Lee Minsky (1927-2016, 40 publikacji, cytowanych ponad 3500 razy, HI 17) – amerykański naukowiec zajmujący się sztuczną inteligencją (AI). Współzałożyciel laboratorium AI w Massachusetts Institute of Technology.



Mikrotubula - włóknista rurkowata sztywna struktura o średnicy 20–27 nm, powstająca w wyniku polimeryzacji białka tubuliny. Mikrotubule wraz z innymi strukturami pełnią funkcję cytoszkieletu nadając komórce kształt, a nawet przyczyniając się do jego zmiany. Biorą udział w transporcie wewnątrzkomórkowym stanowiąc szlak, po którym przemieszczają się białka motoryczne, biorą udział w czasie podziału komórki tworząc wrzeciono kariokinetyczne, które rozdziela chromosomy do komórek potomnych. Mikrotubule mogą również tworzyć stałe struktury, takie jak rzęski lub wici, umożliwiające ruch komórki.



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

Od uzyskania stopnia doktora fizyki (1958) był członkiem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Hawajskiego aż do przejścia na emeryturę w 2000 roku. Potem był emerytowanym profesorem fizyki na Uniwersytecie Hawajskim, a także adiunktem filozofii na Uniwersytecie Kolorado. Autor 70 publikacji cytowanych ponad 10000 razy. Index Hirscha 27. Napisał kilkanaście książek popularnonaukowych, m.in. „Nie wedle Projektu: pochodzenie wszechświata”, „Fizyka i jasnowidztwo. W poszukiwaniu świata poza zmysłami”, „Bogowie kwantów. Kreacja, chaos i poszukiwanie kosmicznej świadomości”, „Bóg fałszywa hipoteza. Jak nauka wykazuje, że Bóg nie istnieje”

Cytat z recenzji napisanej przez Stengera:

W 1989 roku wybitny matematyk i kosmolog z Oksfordu, Roger Penrose, opublikował książkę zatytułowaną Nowy umysł cesarza,. Główną tezę 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.

“Not by Design: The Origin of the Universe”, “Physics and Psychics. The Search for a World Beyond the Senses”, “Quantum Gods. Creation, Chaos, and the Search for Cosmic Consciousness”, “God: The Failed Hypothesis: How Science Shows that God Does Not Exist”.

Błądzenie losowe w procesach biomolekularnych: dyfuzja; reakcje ograniczone dyfuzyjnie; wpływ dyfuzji na reakcje enzymatyczne; dyfuzja wewnątrzkomórkowa (4);

Kinetyka biomolekularna: podstawy teoretyczne (3), metody relaksacyjne (6);

Procesy biomolekularne zależne od pH: (4);

Fizyka enzymów: mechanizm Michaelis-Menten, obserwacje reakcji z udziałem pojedynczych cząsteczek, zależność od pH, temperatury i lepkości ośrodka (4);

Mechanizmy regulacji ekspresji genów (2);

Chomo-chiralność molekuł biologicznych (4)

Wykład świąteczny – Mitochondrialna Ewa;