

Spektroskopia zderzeń elektronowych – zderzenia elektronów z drobinami biologicznie czynnymi



Politechnika Gdańska, semestr letni, rok akademicki 2005/2006

Spektroskopia zderzeń elektronowych – zderzenia elektronów z drobinami biologicznie czynnymi

- Wprowadzenie, podstawowe wielkości charakteryzujące zderzenia elektronów z materią 2 godz.
- Wytwarzanie cienkich warstw skondensowanych drobin 2 godz.
- Podstawowe metody doświadczalne stosowane w badaniach zderzeń niskocenergetycznych elektronów z drobinami biologicznie czynnymi 4 godz.
- Podstawowe procesy fizyczne zachodzące podczas rozproszeń elektronów w cienkich warstwach molekularnych 6 godz.
- Rola procesów rezonansowych w zderzeniach elektronów ze skondensowanymi drobinami 4 godz.
- Desorpcja jonów ujemnych w eksperymentach typu ESD 3 godz.
- Reakcje zachodzące na powierzchniach indukowane rozpraszaniem elektronów 3 godz.
- Opis teoretyczny zderzeń elektronów z drobinami skondensowanymi na powierzchniach 3 godz.
- Inne zastosowania – warstwa ozonowa, zanieczyszczenia atmosfery, zorza polarna 2 godz.
- Podsumowanie 2 godz.



• Politechnika Gdańska, semestr letni, rok akademicki 2005/2006

Spektroskopia zderzeń elektronowych – zderzenia elektronów z drobinami biologicznie czynnymi

Wykład I: Wprowadzenie, podstawowe wielkości charakteryzujące zderzenia elektronów z materią



- Politechnika Gdańska, semestr letni, rok akademicki 2005/2006

Krótką historia zderzeń elektronowych

- Odkrycie elektronu – J.J. Thompson *Phil. Mag.* **44** (1897) 293
- Pierwsze eksperymenty z wiązkami elektronów – P. Lenard *Ann. Phys. Lpz.* **12** (1903) 714
- absorpcja powolnych elektronów w gazach i parach – J. Franck and G. Hertz *Verhandl. Deut. Physik. Ges.* **16** (1914) 512, C. Ramsauer *Ann. Phys. Lpz.* **64** (1921) 513; *Ann. Phys. Lpz.* **66** (1921) 546
- dyfrakcja elektronów na kryształach – C.J. Davisson and L.H. Germer *Phys. Rev.* **30** (1927) 705
- Dyfrakcja elektronów na cienkich foliach - G.P. Thompson *Nature* **120** (1927) 802

Eksperymenty te wykazały szerokie możliwości
spektroskopii elektronowej

Odkrycie elektronu - 1897

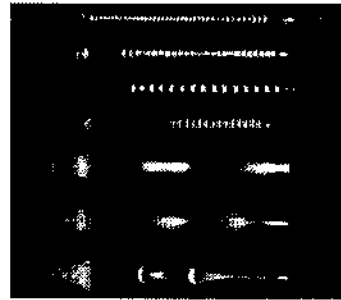


J J Thomson 1890 © Cavendish Laboratory, Cambridge



Badanie „promieni katodowych” – identyfikacja elektronu, badanie zachowania wiązki elektronów w polu elektrycznym i magnetycznym, eksperyment e/m

„The discovery of the electron: I” N. Robotti
Eur. J. Phys. 17 (1996) 133



Elektron w fizyce

- 1897-1899 J J Thomson – badania promieni katodowych, wyznaczenie ładunku elektronu wraz z JSE Townsend'em
- 1899-1900 F.O. Giesel, H. Becquerel, S. Meyer, E. Von Schweidler – badania promieniowania β emitowanego przez substancje radioaktywne; Marie & Pierre Curie – pokazali że promieniowanie β to szybkie promienie katodowe
- 1900 Max Planck oblicza ładunek elektronu korzystając ze stałej Faradaya i stałej h
- 1903 J.J. Thomson formułuje model budowy atomu „raisin-pudding (kiszka z rodzynkami)”
- 1905 Szczególna teoria względności A. Einsteina
- 1909 H. Bucherer dowodzi, że ruch szybkich cząstek β podlega szczególnej teorii względności
- 1911 doświadczenie Rutheforda, nowy model budowy atomu
- 1913 R. A. Millikan precyzyjnie wyznacza metodą kroplową ładunek elektronu
- 1913-1914 N. Bohr proponuje model budowy atomu – kwantowa teoria modelu Rutheforda

Elektron w fizyce

- 1915-1916 A. Sommerfeld –modyfikacja modelu Bohra – orbity keplerowskie. Opis efektu Starka.
- 1922 Doświadczenie Sterna i Gerlacha, Doświadczenie Comptona
- 1923 Hipoteza de Broglie'a – fale materii
- 1925 Born, Jordan, Heisenberg – macierzowe sformułowanie mechaniki kwantowej
- 1926 falowa mechanika kwantowa – E. Schrödinger



Dirac, Heisenberg, Schrödinger, Stockholm, December 1933, (© Werner-Heisenberg-Archiv, Munich)

- 1927 Zasada nieoznaczoności Heisenberga
- 1928 relatywistyczna mechanika kwantowa – P. Dirac
- 1928-29 N.F. Mott formułuje w oparciu o falową mechanikę kwantową – teorię rozpraszania elektronów

Pierwsze eksperymenty- Minimum Ramsauera-Townsenda (~1920)

Über die Durchdringungsdichte durch Atomschichten
negativer Ionenstrahlen, P. Ramsauer, Z. Physik 39, 4
vom 1. März 1926

1. Einleitung
Die Durchdringungsdichte durch Atomschichten ist ein Problem, das seit langem die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gezogen hat. In der vorliegenden Arbeit wird die Durchdringungsdichte durch Schichten von negativ geladenen Ionen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Durchdringungsdichte bei bestimmten Energien ein Minimum erreicht, was als Ramsauer-Townsend-Minimum bezeichnet wird.

2. Versuchsaufbau
Die Versuche wurden mit Hilfe einer Röntgenröhre durchgeführt, die an eine Hochspannung angelegt war. Die Ionenstrahlen wurden durch eine Schicht von Gasen geleitet, deren Dichte variiert wurde. Die Durchdringungsdichte wurde durch Messungen der Stromstärke bestimmt.

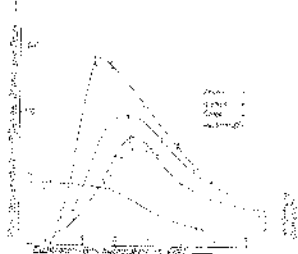


3. Ergebnisse
Die Durchdringungsdichte durch Schichten von Gasen zeigt ein Minimum bei bestimmten Energien. Dieses Minimum tritt bei niedrigen Energien auf und ist unabhängig von der Schichtdicke. Die Position des Minimums verschiebt sich mit der Art des Gases.

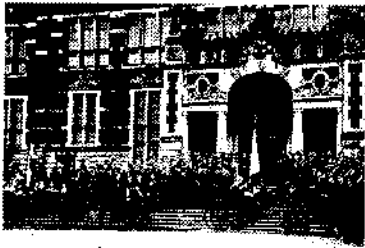
4. Diskussion
Die Ergebnisse sind im Einklang mit den theoretischen Vorhersagen der Quantenmechanik. Das Minimum wird durch die Interferenz der Wellenfunktion des Elektrons mit den Atomen des Gases verursacht.

Wzrost przezroczystości, niektórych gazów dla elektronów o bardzo małych energiach

Minimum Ramsauera



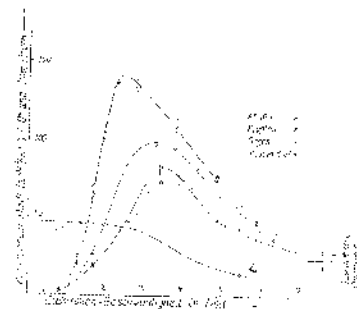
<http://www.pg.rub.tu-berlin.de/index.php?nj=28>



Minimum Ramsauera

Über den Wirkungsquerschnitt der Edelgasatome gegenüber langsamem Elektronen
(I. Teil)

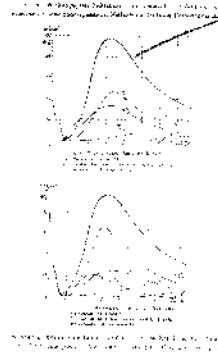
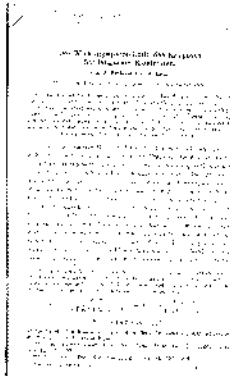
von Ramsauer
 Die Wirkungsquerschnitte der Edelgasatome gegenüber langsamem Elektronen sind durch die Messungen von Ramsauer (1) und Ramsauer und Schott (2) bekannt. Die Messungen von Ramsauer (1) sind durch die Messungen von Ramsauer und Schott (2) bestätigt. Die Messungen von Ramsauer (1) sind durch die Messungen von Ramsauer und Schott (2) bestätigt. Die Messungen von Ramsauer (1) sind durch die Messungen von Ramsauer und Schott (2) bestätigt.



parame (gruy) ...

Die Wirkungsquerschnitte der Edelgasatome gegenüber langsamem Elektronen sind durch die Messungen von Ramsauer (1) und Ramsauer und Schott (2) bekannt. Die Messungen von Ramsauer (1) sind durch die Messungen von Ramsauer und Schott (2) bestätigt. Die Messungen von Ramsauer (1) sind durch die Messungen von Ramsauer und Schott (2) bestätigt.

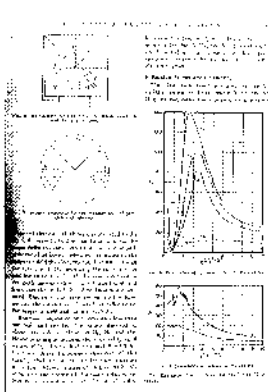
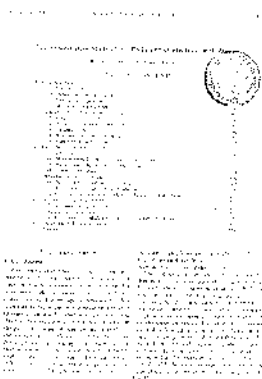
Minimum Ramsauera – prace teoretyczne



*dla kierunku
kolejny kierunek*

Efekt minimum Ramsauera został wyjaśniony na gruncie mechaniki kwantowej. Był to jeden z jej pierwszych testów !
J. Holtmark Z. Phys. 55 (1929) 437, Z. Phys. 66 (1930) 49

Pierwsze prace przeglądowe

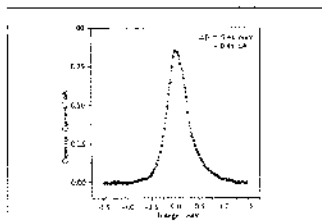


The probability of scattering, S , is defined as the number of electrons scattered, per unit electron current, per unit path length, per unit pressure at 0°C , per unit solid angle in the direction θ to the original beam

*rozpraszanie
w kierunku
kątowym*

rozpraszanie w kierunku

Szybki rozwój technik doświadczalnych – od lat 60-tych XX wieku



Detector current in "straight through" mode!

Ultra-High Resolution Electron Energy Loss Spectrometer

DELTA 05

- Ultimate resolution $\Delta E = 0.5$ meV (FWHM)
- Guaranteed detector current > 10 pA at 1.0 meV resolution (FWHM)
- Fully digital control system with internal 64,000 channel high-resolution 20481 B/A converter
- Designed for precision spectroscopy
- Rotational stage $\times 90^\circ$
- Scan range $< 0.25 \dots 10$ eV
- $0 \dots 520$ eV for vibronic electronic applications

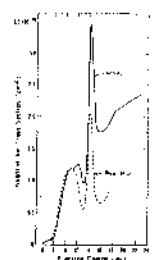
Stany rezonansowe w rozpraszaniu

Resonances in Electron Impact on Diatomic Molecules!

Abstract: The present paper reports on the results of a study of the resonances in the electron impact on diatomic molecules. The study was carried out using the method of the electron energy loss spectroscopy (EELS). The results show that the resonances in the electron impact on diatomic molecules are very sensitive to the structure of the molecule. The resonances in the electron impact on diatomic molecules are very sensitive to the structure of the molecule. The resonances in the electron impact on diatomic molecules are very sensitive to the structure of the molecule.

Table 1. Scattered electrons.

Structure	Location	Depth	Energy loss (eV)	Scattering angle (°)	Intensity
Single layer	Surface	0.5 nm	10.0	10	100
Double layer	Surface	1.0 nm	20.0	20	200
Triple layer	Surface	1.5 nm	30.0	30	300
Quadruple layer	Surface	2.0 nm	40.0	40	400
Five layer	Surface	2.5 nm	50.0	50	500
Six layer	Surface	3.0 nm	60.0	60	600
Seven layer	Surface	3.5 nm	70.0	70	700
Eight layer	Surface	4.0 nm	80.0	80	800
Nine layer	Surface	4.5 nm	90.0	90	900
Ten layer	Surface	5.0 nm	100.0	100	1000



Rezonansowy stan rozproszeniowy-królko żyjący układ złożony z obiektu (atom, drobina), na którym zachodzi rozpraszanie i cząstki padającej (elektronu)

Stany rezonansowe c.d.

Resonances in Electron Impact on Atoms?

George I. Igo
 Department of Physics, University of California, San Diego, La Jolla, California 92037

Recently, it has been shown that the cross section for excitation of an atom by an electron is not constant, but exhibits resonances. The resonances are due to the formation of a negative ion, which is a bound state of the electron and the atom. The resonances are observed in the cross section for excitation of the atom by an electron. The resonances are observed in the cross section for excitation of the atom by an electron.

CONTENTS		I. INTRODUCTION	
1. Introduction	22	1. Introduction	22
2. Theory	23	2. Theory	23
3. Experiment	24	3. Experiment	24
4. Discussion	25	4. Discussion	25
5. Conclusions	26	5. Conclusions	26
6. Acknowledgments	26	6. Acknowledgments	26
7. References	26	7. References	26
8. Appendix	26	8. Appendix	26
9. Figures	26	9. Figures	26
10. Tables	26	10. Tables	26
11. Bibliography	26	11. Bibliography	26
12. Index	26	12. Index	26

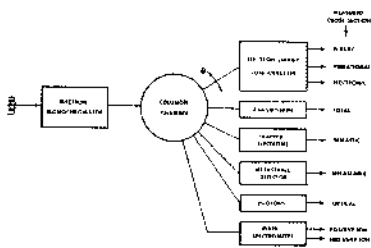


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental setup used for the study of resonances in electron impact on atoms.

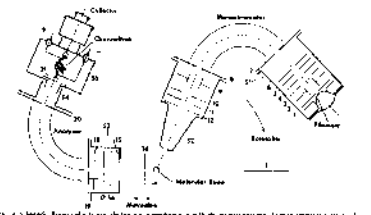


Fig. 2. Detailed schematic diagram of the experimental setup used for the study of resonances in electron impact on atoms.

Stany rezonansowe c.d.

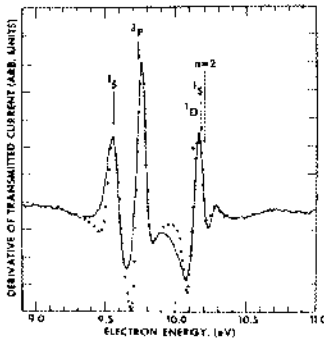


FIG. 10. Derivative of the transmitted current vs electron energy in atomic hydrogen. The experimental results are shown by the solid line. The points are the best fit that can be obtained from the theoretical shape of the cross section, but leaving the energies and the widths of the resonances as parameters. The computer program which is used for obtaining these points includes Doppler broadening and approximates the electron energy distribution by a Gaussian function with a half-width of 30 meV. The energies and widths which give the best fit to the experiment are listed in Appendix I. The arrows point to the energies of the major resonances obtained using close coupling plus correlation. [From Sanchez and Burrow (1972).]

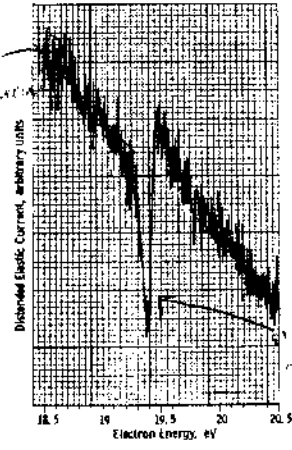
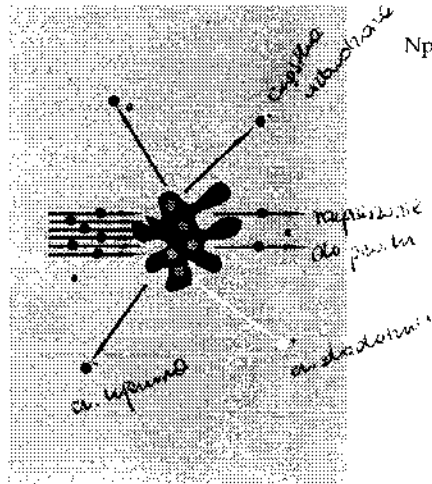


FIG. 11. The original observation of the 122P_{1/2} resonance in helium. The angle of observation is 7.2° and the elastic cross section is measured. The decrease in the cross section near 19.3 eV is approximately 14%. [From Schultz (1963).]

Eksperymenty zderzeniowe w fazie gazowej



Np. Pomiary całkowitych przekrojów czynnych metodą transmisyjną

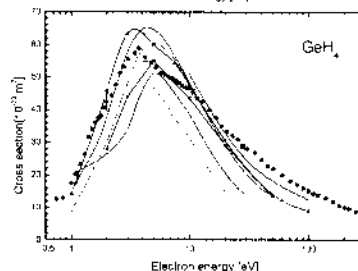
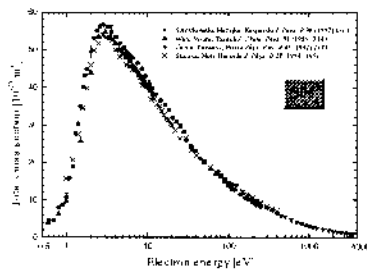
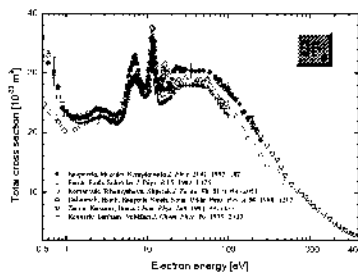
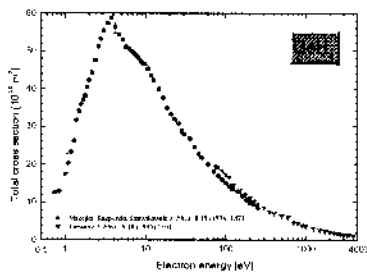


$$Q(E) = (\int n(x) dx)^{-1} \ln(I_0(E)/I_t(E))$$

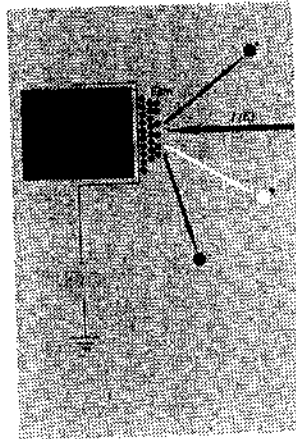
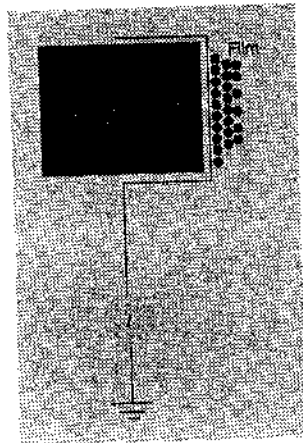


Schemat idei eksperymentu rozprzeniowego

Całkowite przekroje czynne przykładowe wyniki



Eksperymenty zderzeniowe w fazie skondensowanej



Pierwsze eksperymenty w fazie skondensowanej

Transmission of 0-15 eV monoenergetic electrons through thin film molecular crystals

Lee Hsueh

Department of Physics, University of California, San Diego, La Jolla, California 92037

The transmission of monoenergetic electrons through thin film molecular crystals has been studied. The results show that the transmission is a function of the electron energy and the thickness of the crystal. The transmission is generally low for energies below 10 eV and increases with energy. The results are compared with theoretical calculations and other experimental data.

1. INTRODUCTION

The transmission of monoenergetic electrons through thin film molecular crystals has been studied. The results show that the transmission is a function of the electron energy and the thickness of the crystal. The transmission is generally low for energies below 10 eV and increases with energy. The results are compared with theoretical calculations and other experimental data.



FIG. 1. Schematic diagram of the electron transmission spectrometer. Electrons emitted from the filament *F* are aligned by a magnetic field *B* and energy selected by a trochoidal monochromator. The monoenergetic electron beam is then deflected off-axis by passing through an electric field applied across the parallel surfaces *D*. The deflected beam is incident on a thin molecular film deposited from the vapor on a metal ribbon *R*. This latter is electrically insulated from a copper block *C* by a ceramic sheet *I*. The copper block is held at liquid nitrogen temperatures. The portion of the incident current transmitted through the molecular film, or its second energy derivative, is measured as a function of electron energy. Backscattered electrons are accelerated into the surfaces *D* where they are further deflected and dispersed into the target region.

Pierwsze eksperymenty w fazie skondensowanej c.d.

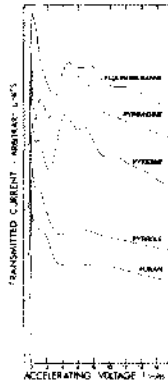


FIG. 3. Transmitted current vs accelerating voltage (V_0). V_0 is full transmission potential, generally 100 kV, and below. The sharp rise near zero is due to injection of electrons in the film. At 100 kV to 150 kV, the area of decrease in transmitted current is modulated by absorption loss in electron tracks of P or polymer degradation.

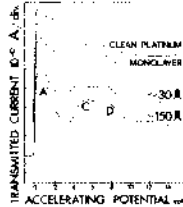
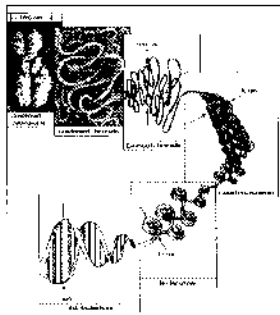


FIG. 4. Current modulation on the platinum monolayer with 200 eV and 1000 eV electrons in the range of 100 kV to 150 kV. The magnitude of modulation A, B, and C is 100 nA. The background current is 100 nA.

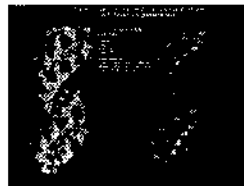


FIG. 5. Current modulation on the platinum monolayer with 200 eV and 1000 eV electrons in the range of 100 kV to 150 kV. The magnitude of modulation A, B, and C is 100 nA. The background current is 100 nA.

Rozpraszanie elektronów na związkach biologicznie czynnych

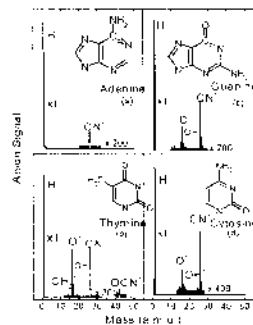
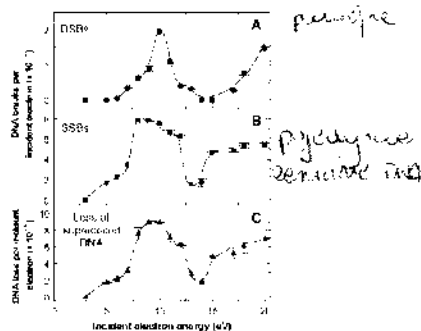


- Promieniowanie jonizujące działa na DNA na dwa sposoby:
- Indukuje zniszczenia zmieniające właściwości komórki (np. powstanie komórek rakotwórczych)
- Indukuje obumieranie komórek (cecha pożyteczna w kontekście radioterapii)
- Promieniowanie jonizujące powoduje powstanie dużej ilości elektronów wtórnych



DNA: a complex target

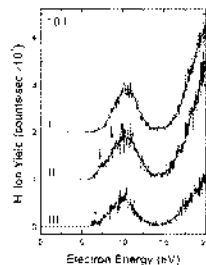
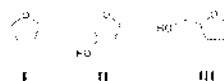
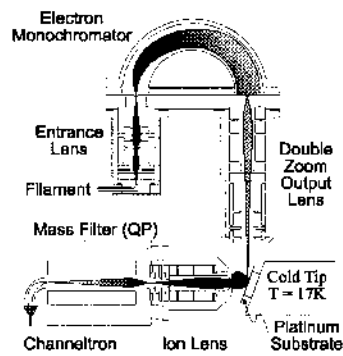
Rozpraszanie elektronów na związkach biologicznie czynnych



B. Boudaiffa, P. Cloutier, D. Hunting,
M.A. Huels, L. Sanche, *Science* **287** (2000) 1658

Abdoul-Carime et al., *Radiat. Res.* **155** (2001) 625

Rozpraszanie elektronów na związkach biologicznie czynnych w fazie skondensowanej



D. Antic, L. Parenteau, M. Lepage and L. Sanche, *J. Phys. Chem. B* **103** (1999) 6611
D. Antic, L. Parenteau and L. Sanche, *J. Phys. Chem. B* **104** (2000) 4711

Zderzenia elektronów w naturze

