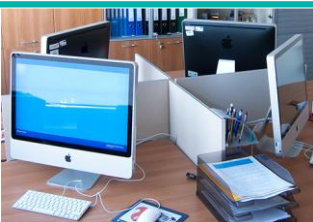


## Ćwiczenie 18

# Wyznaczanie energii dysocjacji jodu na podstawie widma absorpcji



## I. Zagadnienia do opracowania.

1. Ruch jąder w cząsteczce dwuatomowej – oscylacje i rotacje.
2. Energia wewnętrzna molekuł dwuatomowych.
3. Struktura energetyczna cząsteczki dwuatomowej.
4. Krzywa energii potencjalnej cząsteczki dwuatomowej.
5. Widmo absorpcji oscylatora anharmonicznego.
6. Stany elektronowe cząsteczek dwuatomowych.
7. Struktura oscylacyjna widm pasmowych.
8. Absorpcja promieniowania w cząsteczkach.
9. Zasada Francka – Condon.
10. Prawdopodobieństwo przejścia elektronowego:
  - a) moment przejścia;
  - b) współczynniki Einsteina;
  - c) reguły wyboru.
11. Procesy zaniku stanów wzbudzonych w cząsteczkach.
12. Reguła Stokesa.
13. Dysocjacja cząsteczki w wyniku wzbudzenia elektronowego.
14. Molekularne widma pasmowe.
15. Absorpcja cząsteczek  $J_2$  - przejście
16. Dysocjacja cząsteczek  $J_2$  i towarzyszące jej procesy zaniku stanów wzbudzonych cząsteczek  $J_2$ .
17. Struktura widma absorpcyjnego fluorowców.
18. Wyznaczanie energii dysocjacji cząsteczki  $J_2$  na podstawie jej widma absorpcji.
19. Budowa spektrografu siatkowego.
20. Parametry spektrografu:
  - a) obszar widmowy;
  - b) dyspersja kątowna i liniowa;
  - c) świetlność spektrografu;
  - d) zdolność rozdzielcza spektrografu.

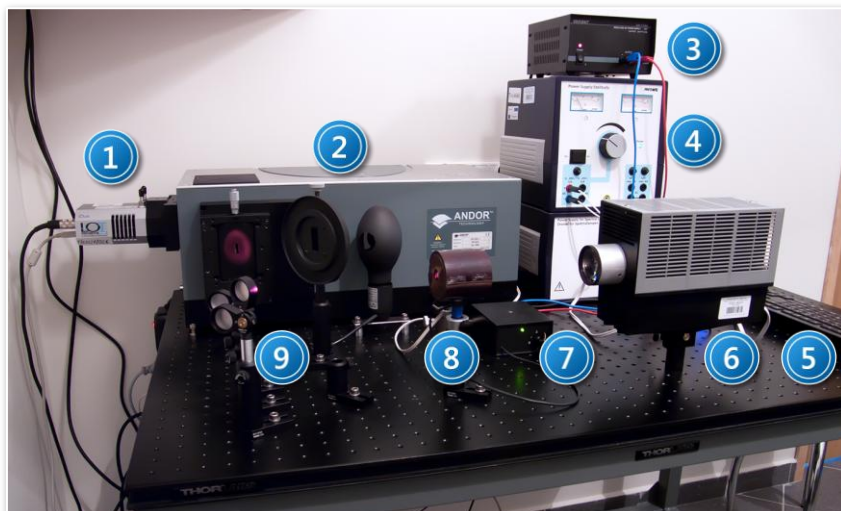
## II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się ze stanowiskiem pomiarowym przedstawionym na *Zdjęciu 1*.  
Spektrograf SR-500i na tym stanowisku jest wykorzystywany także do innych ćwiczeń.
2. Włączyć ogrzewanie próbówki z jodem (8 na *Zdjęciu 1*). W tym celu włączyć zasilacz regulatora temperatury (3 na *Zdjęciu 1*) a pokrętkę temperatury na regulatorze temperatury (7 na *Zdjęciu 1*) przekręcić w prawo i ustawić pomiędzy 2 a 3.



### Wskazówka

**Próbówka z jodem musi być ogrzewana 30 minut przed rozpoczęciem pomiarów, aby uzyskać odpowiednie ciśnienie par jodu.**



Zdjęcie 1. Widok stanowiska pomiarowego do rejestracji widm absorpcji jodu: 1 – kamera CCD; 2 – spektrograf; 3 – zasilacz płaszcza grzejnego probówki z jodem; 4 – zasilacz lampy żarowej; 5 – zestaw komputerowy; 6 – lampa żarowa; 7 – regulator temperatury; 8 – probówka z jodem; 9 – zwierciadło uchylne.

3. Włączyć listwę zasilającą, do której są podłączone kamera CCD oraz spektrograf upewniając się, czy przełącznik umieszczony na obudowie zasilacza kamery jest ustawiony w pozycji II.

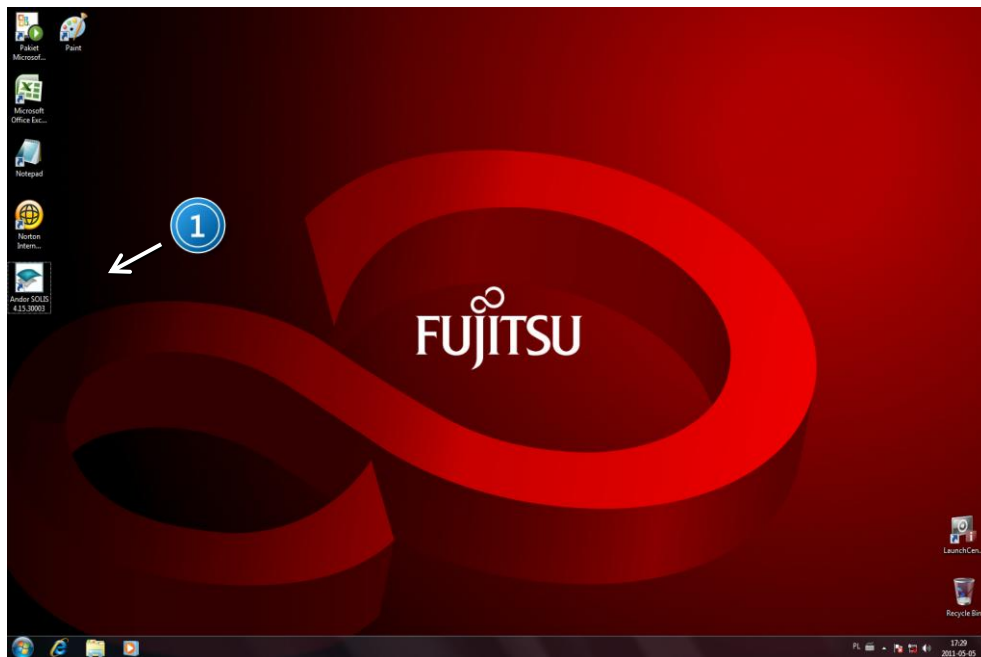


## UWAGA!

Przed włączeniem listwy zasilającej zamknąć szczelinę spektrografu (2 na Zdjęciu 1).

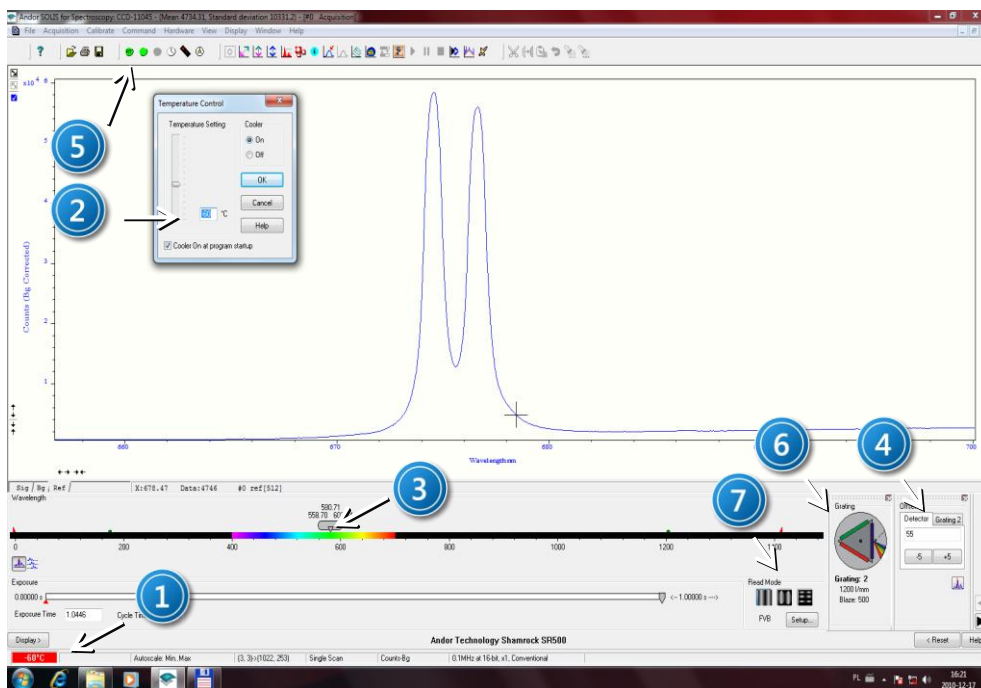
W trakcie pracy lampa spektralna nagrzewa się do wysokiej temperatury. Dotykanie włączonej lampy grozi poparzeniem!

4. Włączyć zasilacz lampy rtęciowej (włącznik na tylnej płycie zasilacza). Lampa rtęciowa powinna być włączona przynajmniej dziesięć minut przed rozpoczęciem pomiarów.
5. Wybrać jedno ze zwierciadeł uchylnych (9 na Zdjęciu 1.) w celu wprowadzenia światła z lampy rtęciowej na szczelinę wejściową spektrografu (2 na Zdjęciu 1).
6. Szerokość szczeliny spektrografu (2 na Zdjęciu 1) ustawić za pomocą śruby mikrometrycznej w położeniu „0”.
7. Włączyć komputer oraz zasilanie spektrografu (włącznikiem po prawej stronie obudowy).
8. Uruchomić program *Andor Solis for Spectroscopy* umożliwiający sterowanie spektrografem oraz kamerą CCD poprzez wybór ikony 1 na Zdjęciu 2.



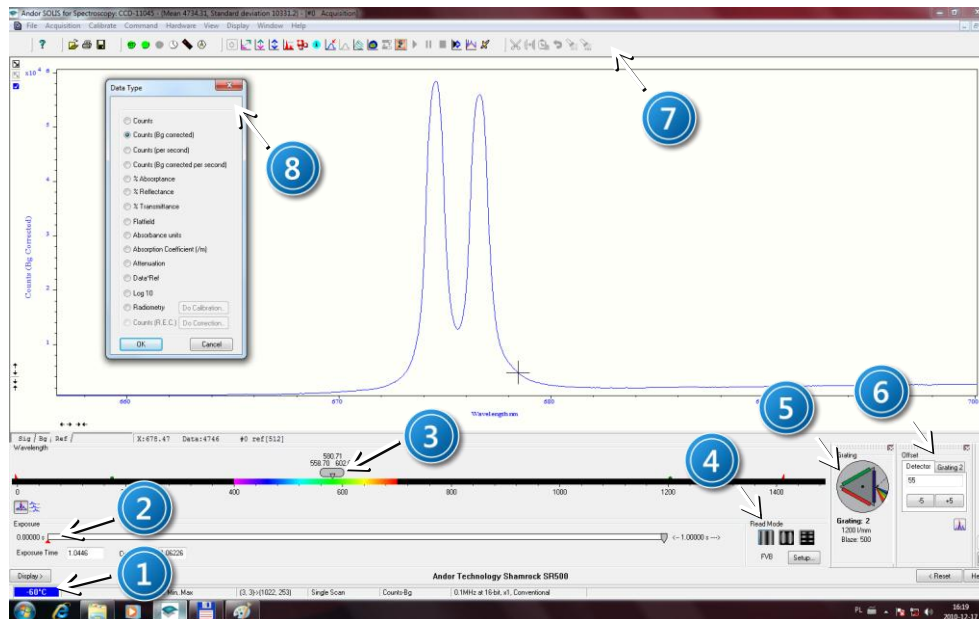
Zdjęcie 2. Widok ekranu po uruchomieniu systemu: 1 – ikona programu Andor Solis for Spectroscopy sterującego spektrografem i kamerą CCD.

9. Przed rozpoczęciem pomiarów sprawdzić, czy temperatura kamery CCD widoczna na wskaźniku 1 na Zdjęciu 3 ustaliła się na  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Zdjęcie 3. Widok ekranu programu sterującego spektrografem i kamerą CCD: 1 – wskaźnik temperatury pracy kamery CCD (kolor czerwony – kamera nie osiągnęła zadanej temperatury, kolor niebieski – kamera osiągnęła zadaną temperaturę); 2 – okno dialogowe, wywołane z menu głównego Hardware, umożliwiające uruchomienie chłodzenia kamery oraz wpisanie temperatury; 3 – suwak prezentujący wybrany zakres spektralny, obserwowany na kamerze CCD; 4 – zakładki Detector i Grating umożliwiające wpisanie przesunięcia względnego dla detektora i siatki dyfrakcyjnej; 5 – menu przycisków; 6 – zakładka umożliwiająca wybór siatki dyfrakcyjnej; 7 – wybór modu pracy kamery CCD i wyświetlania wyników.

10. Używając ikony rotora siatek dyfrakcyjnych 5 na *Zdjęciu 4* wybrać siatkę dyfrakcyjną o 100 rysach/mm a następnie suwakiem 3 na *Zdjęciu 3* ustalić zakres spektralny ze środkiem przy 550 nm.



*Zdjęcie 4. Widok ekranu programu sterującego spektrografem i kamerą CCD: 1 – wskaźnik temperatury pracy kamery CCD (kolor czerwony – brak zadanej temperatury, kolor niebieski – osiągnięcie zadanej temperatury); 2 – suwak prezentujący czas ekspozycji kamery CCD; 3 – suwak prezentujący wybrany zakres spektralny, obserwowany na kamerze CCD; 4 – wybór modu pracy kamery CCD i wyświetlania wyników; 5 – zakładka Grating dla karuzeli z siatkami dyfrakcyjnymi (100 linii/mm i 1200 linii/mm); 6 – zakładka Offset umożliwia wpisanie względnego przesunięcia dla detektora (Detector) i siatki dyfrakcyjnej (Grating); 7 – menu przycisków; 8 – okno dialogowe Data Type z menu Acquisition pozwalające na wybór trybu zbierania i wyświetlania danych.*

11. Usunąć pokrywę szczeliny wejściowej spektrografu i otworzyć lekko szczelinę wejściową spektrografu.
12. Wybrać metodę zbierania danych pomiarowych – z ang. Counts poprzez wykonanie kolejnych kroków w menu: Acquisition, Setup Data Type (8 na *Zdjęciu 4*) lub naciskając kombinację klawiszy Ctrl+D.
13. Używając suwaka 2 na *Zdjęciu 4* ustawić najkrótszy czas ekspozycji równy 16 ms lub nieco dłuższy.
14. Dla takiego czasu ekspozycji ustawić szerokość szczeliny spektrografu (2 na *Zdjęciu 1*), tak aby liczba zliczeń nie przekraczała 2000 przy pomiarze widma w trybie RT (ikona w menu przycisków 5 na *Zdjęciu 3*).
15. Następnie wybrać metodę zbierania danych pomiarowych z korekcją tła – z ang. Counts (Background corrected) poprzez wykonanie kolejnych kroków w menu: Acquisition → Setup Data Type (8 *Zdjęcie 4*) lub naciskając kombinację klawiszy Ctrl+D.
16. Zasłonić wejście do spektrografu, zarejestrować tło naciskając Ctrl+B lub w menu wybrać kolejno Acquisition → Take Background.
17. Odslonić wejście do spektrografu i zarejestrować widmo wybierając Acquisition → Take Signal.
18. Jeżeli intensywność sygnału przekracza wartość  $6 \cdot 10^5$  należy odpowiednio zmniejszyć szerokość szczeliny spektrografu i powtórzyć procedury pomiarowe z punktu 12 do punktu 17.

19. Otrzymane widmo porównać z widmem emisji lampy rtęciowej w *Dodatku*.
20. Jeżeli wartości położenia maksimumów z otrzymanego widma nie pokrywają się z wartościami położenia maksimumów widma w Załączniku 1 należy w zakładce Offset Detector (6 na *Zdjęciu 4*) wpisać odpowiednią wartość tak, aby skorygować położenia wartości maksimumów otrzymanego widma z wartościami położenia maksimumów widma w *Dodatku*.
21. Wyłączyć zasilacz lampy rtęciowej.
22. Włączyć lampę żarową (6 na *Zdjęciu 1*) włączając zasilacz 4 na *Zdjęciu 1* (włącznikiem z tyłu przyrządu) i ustawiając na nim wartość napięcia zasilającego 4V co odpowiada wartości natężenia prądu około 6 A.
23. Ustawić w wiązkę lampy żarowej probówkę z jodem.
24. Wybrać zwierciadło 9 na *Zdjęciu 1* przypisane do probówki z jodem.
25. Powtórzyć procedury z punktu 13 do punktu 17 dla probówki z jodem.
26. Zidentyfikować widmo absorpcji jodu w otrzymanym przebiegu.
27. Ustalić zakres widma absorpcji jodu klikając na oś X i wybierając żądane wartości długości fal.
28. Zapisać otrzymane widmo w postaci kodu ASCII wybierając kolejne opcje w menu: *File* → *Export as ASCII* → *Signal*.
29. Dokonać zgrubnego odczytu długości fal odpowiadających granicom widma absorpcji jodu.
30. Odnaleźć i zinterpretować charakterystyczne cechy struktury widma absorpcyjnego molekuly jodu oraz serii poprzecznej Deslandresa przemiatając fragmenty widma za pomocą suwaka 3 na *Zdjęciu 3*:
  - a) wyszukać od strony podczerwieni początek pasm i odczytać długość fali przejścia „0 – 0”;
  - b) odczytać długość fali odpowiadającą granicy zbieżności pasm;
  - c) wyznaczyć różnice pomiędzy sąsiednimi pasmami oscylacyjnymi w każdej serii Deslandresa;
  - d) obliczyć energię dysocjacji molekuly jodu w podstawowym i wzbudzonym stanie elektronowym;
  - e) przeprowadzić dyskusję błędów;
  - f) porównać otrzymane wartości z danymi tablicowymi.
31. Przed wyłączeniem elementów stanowiska pomiarowego założyć pokrywę szczeliny wejściowej spektrografu.

### III. Zestaw przyrządów.

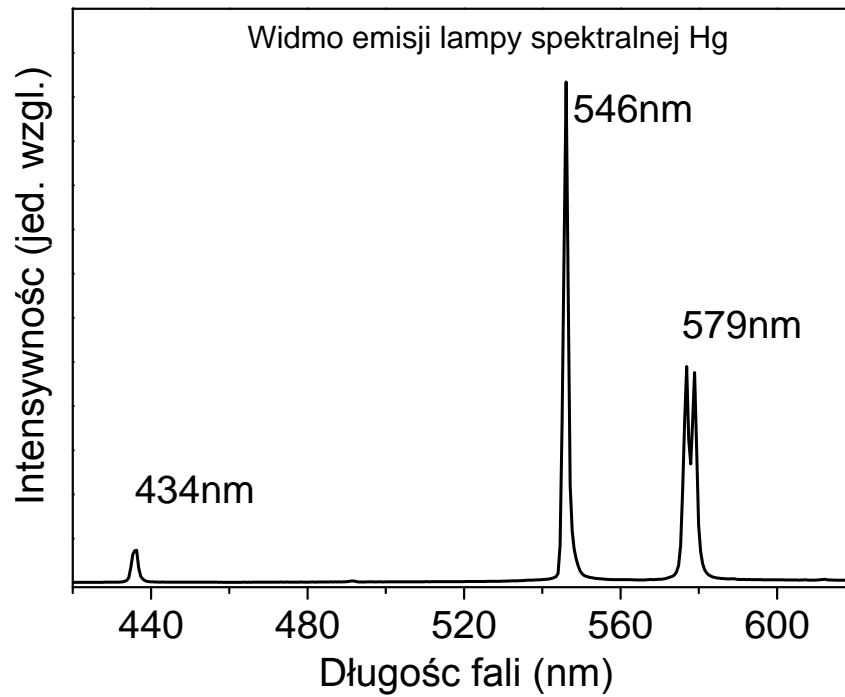
1. Kamera CCD firmy Andor, model iDus 420A.
2. Spektrograf Shamrock, model SR – 500 i.
3. Zasilacz napięcia stałego.
4. Zasilacz lampy żarowej.
5. Zestaw komputerowy.
6. Lampa żarowa.
7. Regulator temperatury.
8. Probówka z jodem.
9. Uchylne lustro.

### IV. Literatura.

1. J.P. Simons – „Fotochemia i spektroskopia”, PWN, Warszawa 1976.
2. R.I. Sołouchin – „Optyka i fizyka atomowa”, PWN, Warszawa 1982.
3. Z. Kęcki – „Podstawy spektroskopii molekularnej”, PWN, Warszawa 1992.
4. P. Suppan – „Chemia i światło”, PWN, Warszawa 1997.
5. F. Kaczmarek – „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”, PWN, Warszawa 1982.
6. J. Liwo – „II Laboratorium Fizyczne”, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1984.
7. H. Haken, H.Ch. Wolf – „Fizyka molekularna z elementami chemii kwantowej”, PWN, 1998.
8. P. Kowalczyk – „Fizyka cząsteczek”, PWN, Warszawa 2000.
9. W. Kołos, J. Sadlej – „Atom i cząsteczka”, WNT, Warszawa 1998.
10. D. Kunisz – „Fizyczne podstawy emisyjnej analizy widmowej”, PWN, Warszawa 1973.
11. W. Demtröder – „Spektroskopia laserowa”, PWN, Warszawa 1993.
12. F. Mayinger, O. Feldmann – “Optical Measurements”, Springer, 2001.
13. A. P. Arya – “Fundamentals of Atomic Physics”, Allyn&Bacon, Inc., Boston 1971.
14. G.M. Barrow – “Introduction to Molecular Spectroscopy”, McGraw – Hill, New York 1962.
15. P. Suppan – “Chemistry and Light”, The Royal Society of Chemistry, 1994.
16. J.P. Simons – “Photochemistry and Spectroscopy”, Wiley, 1971.
17. W. Demtröder – “Laser Spectroscopy. Basic Concepts and Instrumentation”, Springer, 1988.
18. H. Haken, H. Ch. Wolf – “Molecular Physics and Elements of Quantum Chemistry”, Springer, 2010.

## Dodatek

Widmo emisji lampy rtęciowej.



Rysunek 5. Widmo emisji lampy rtęciowej dla spektrografu SR-500i, kamery CCD iDus 420A i siatki dyfrakcyjnej 100 rys/mm.