



Wyznaczanie energii dysocjacji molekuly jodu (I_2)

Autor: Paulina Kotarba

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ

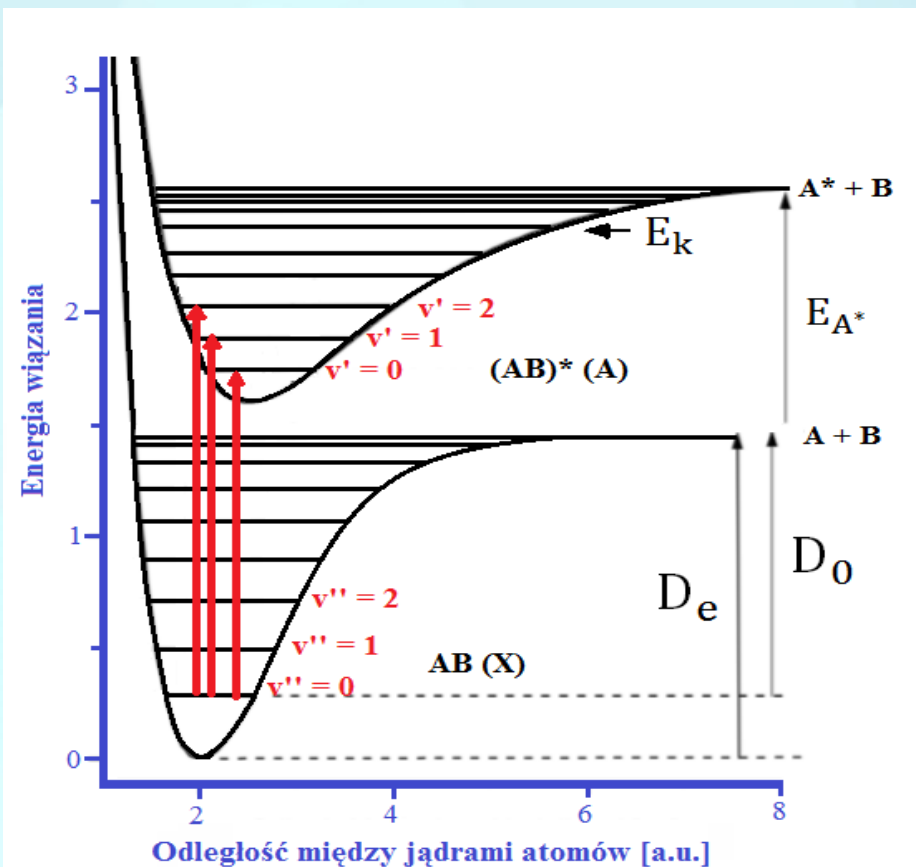
Opiekun naukowy: dr Tomasz Kawalec



Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie najmniejszej energii potrzebnej do rozdzielenia dwuatomowej molekuly jodu, znajdującej się w stanie podstawowym. Analizowanie energii dysocjacji molekuly jodu wymagało skorzystania z techniki optycznej spektroskopii absorpcyjnej oraz ekstrapolacji Birge-Sponer. Molekuly jodu absorbują promieniowanie elektromagnetyczne w widzialnym obszarze optycznym. Pomiary prowadzono dla trzech różnych temperatur. Dla komory z jodem ogrzewanej do 30°C oraz do 40°C doświadczalna wartość energii dysocjacji wyniosła $1,526 \text{ eV} \pm 0,012 \text{ eV}$, natomiast dla temperatury 60°C otrzymano energię wynoszącą $1,534 \text{ eV} \pm 0,015 \text{ eV}$. Wyniki doświadczalne porównano z wartością literaturową wynoszącą $1,543 \text{ eV}$ dla pomiarów prowadzonych w temperaturze 30°C . Otrzymana wartość doświadczalna jest równa wartości tablicowej w granicy niepewności.

Poziomy energetyczne molekuly dwuatomowej



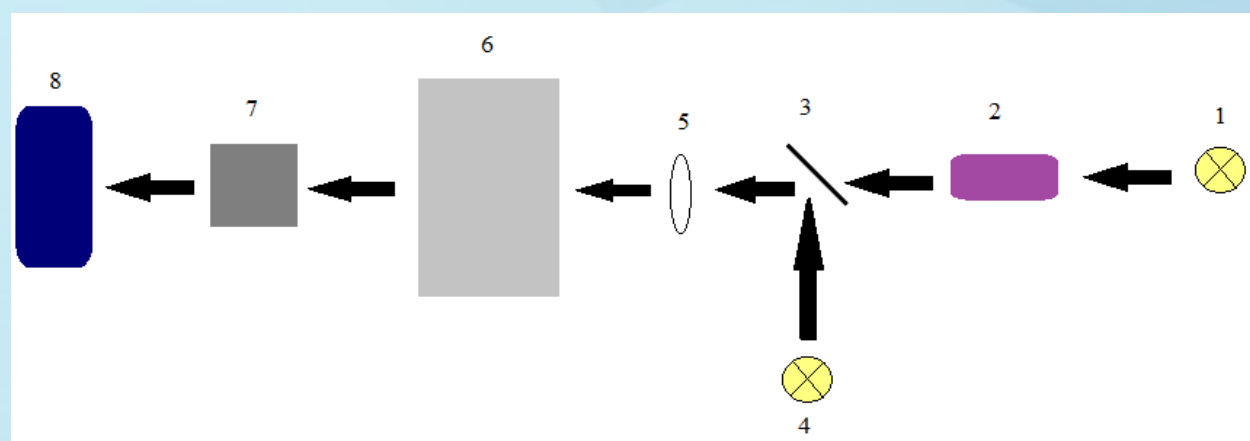
Rysunek 1. Schemat poziomów elektronowych i oscylacyjnych molekuly jodu (na podstawie [2]), gdzie:

D_0 – energia dysocjacji ze stanu podstawowego,
 D_e – głębokość studni potencjału,
 E_k – energia wybranego poziomu oscylacyjnego (rysunek 6).

Metoda eksperymentalna

Źródłem światła jest lampa halogenowa. Wiązka światła dociera do komórki z jodem w piecyku, gdzie ulega częściowemu pochłonięciu. Za pomocą techniki optycznej spektroskopii absorpcyjnej i ekstrapolacji Birge-Sponer zbadano oraz przeanalizowano energię dysocjacji molekuly jodu. Wykorzystanie wspomnianej techniki, pozwoliło na wyznaczenie najmniejszej energii, potrzebnej do rozdzielania dwuatomowej molekuly jodu, znajdującej się w stanie podstawowym.

Układ doświadczalny



Rysunek 2. Schemat układu doświadczalnego, gdzie: 1 – lampa halogenowa z zasilaczem, 2 – komórka jodowa w piecyku, 3 – płytka światłodzieląca, 4 – lampa spektralna (Hg, Cd) z zasilaczem, 5 – soczewka skupiająca światło na szczeliny wejściowej, 6 – monochromator siatkowy i fotopowielacz z wbudowanym zasilaczem wysokiego napięcia, 7 – przetwornik analogowo-cyfrowy, 8 – komputer stacjonarny.

Ekstrapolacja Birge-Sponer

Ekstrapolacja Birge-Sponer jest graficznym wyznaczeniem energii dysocjacji stanu elektronowego. Zależność pomiędzy energią dysocjacji molekuly D_0 , a energią dysocjacji ze stanu wzbudzonego D_0^* opisuje wzór (1):

$$D_0^* = D_0 + E_{A^*}, \quad (1)$$

gdzie:

E_{A^*} – energia pierwszego stanu wzbudzonego atomu jodu wynosząca $0,9423 \text{ eV}$.

Wybierając arbitralnie linię dla absorpcji ze stanu $v'' = 0$ stanu podstawowego wyznaczmy energię wybranego wzbudzonego poziomu oscylacyjnego E_k . Energię D_0^* wyraża wzór (2):

$$D_0^* = E_k + W, \quad (2)$$

gdzie:

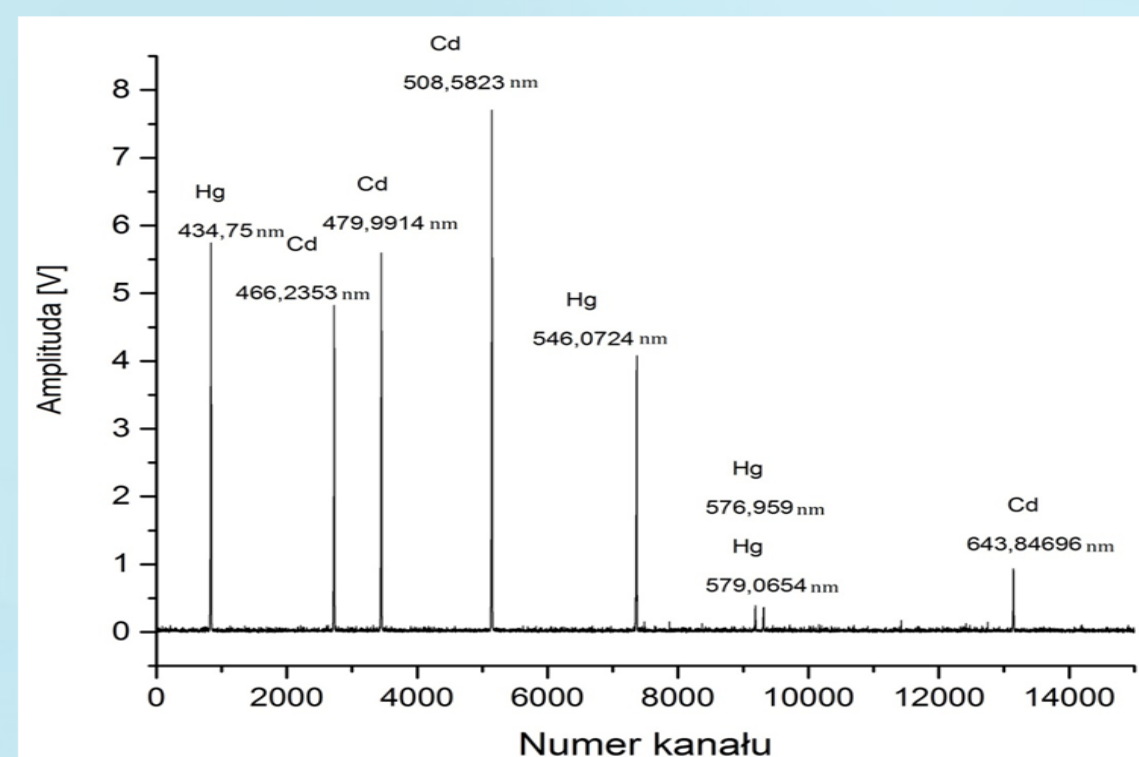
W – suma wszystkich odległości energetycznych między poziomami oscylacyjnymi stanu wzbudzonego, zaczynając od $v = k + 1$.

Zastosowanie ekstrapolacji Birge-Sponer pozwala na wyznaczenie sumy obecnej we wzorze (2). Ostatecznie:

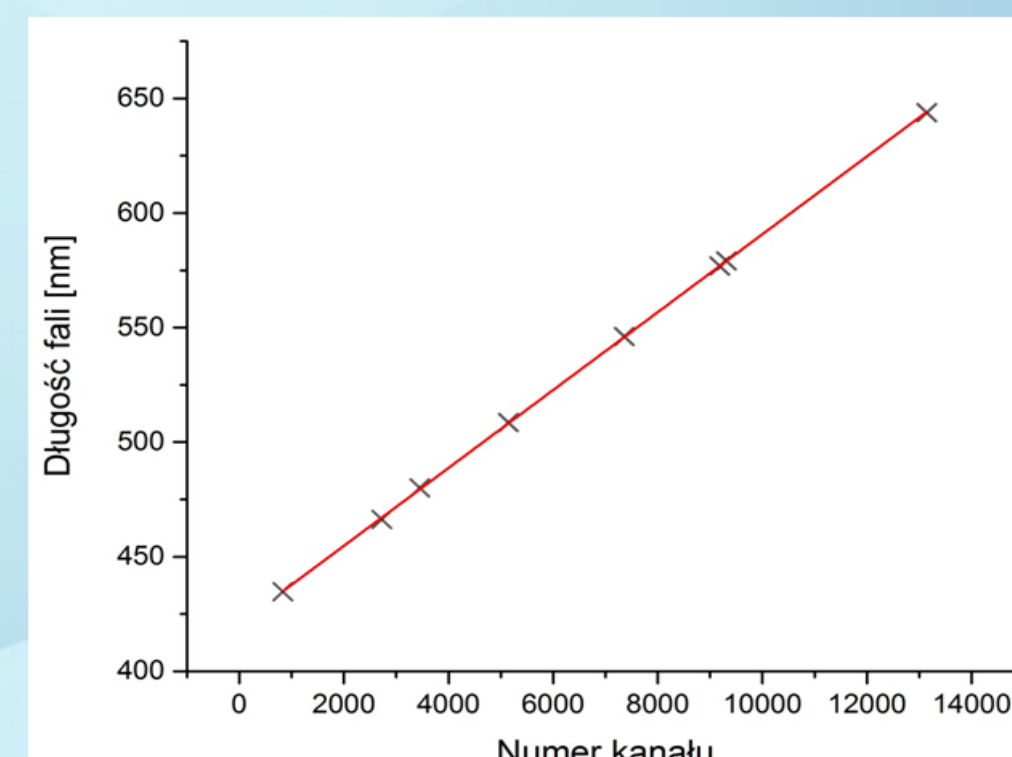
$$D_0^* = E_k + W - E_{A^*}. \quad (3)$$

Wyniki

Kalibracja monochromatora



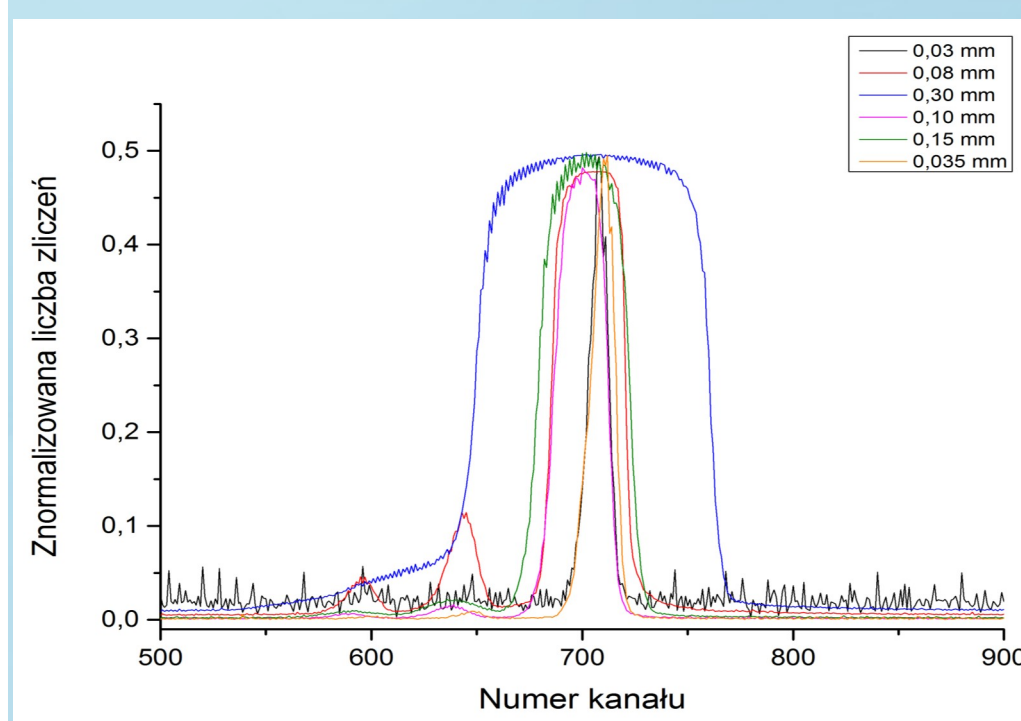
Rysunek 3. Widmo lampy spektralnej z wyznaczonymi długościami fali i odpowiadającymi im pierwiastkami.



Rysunek 4. Krzywa dyspersji sporządzona na podstawie analizy zmierzonego widma lampy spektralnej. Niepewności wielkości są mniejsze niż zastosowane symbole.

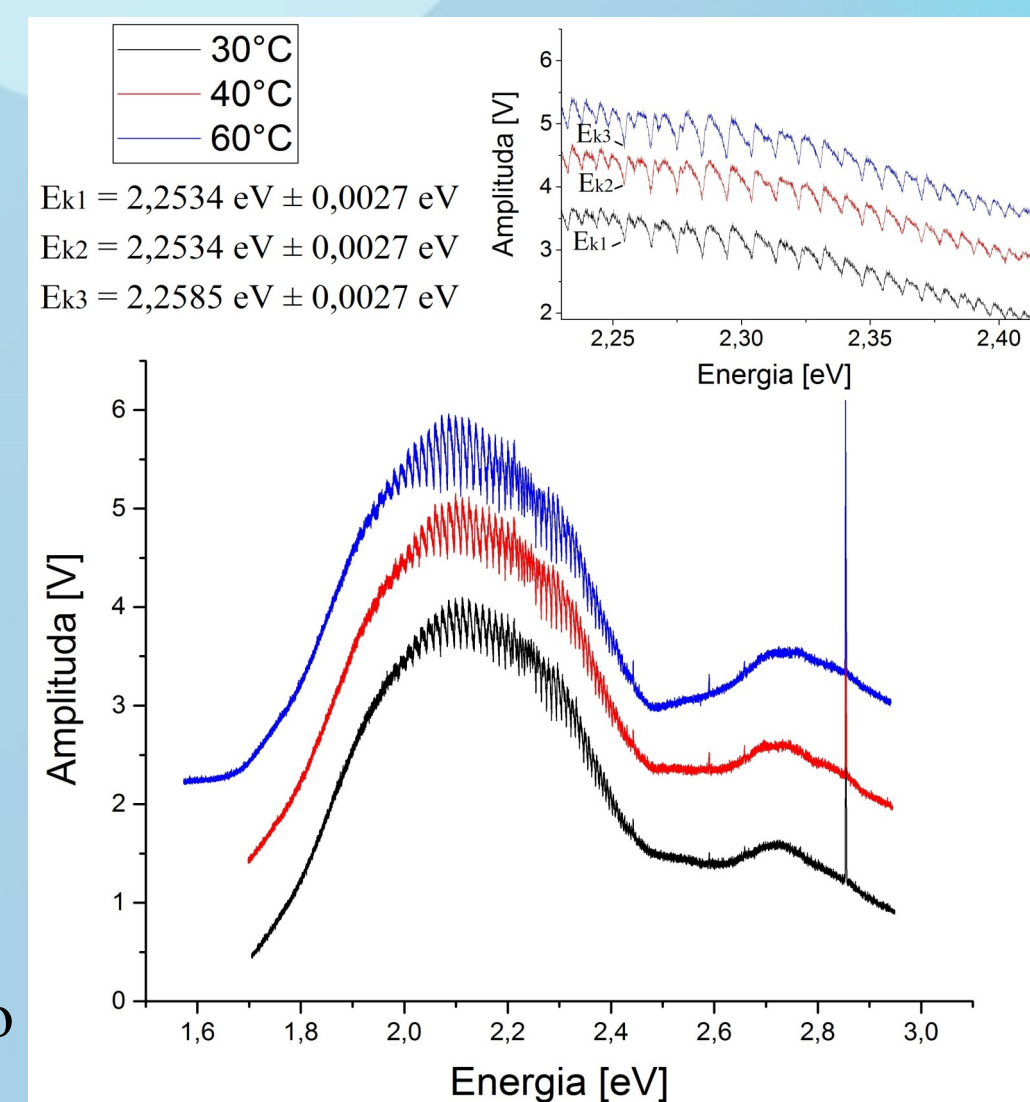
Do punktów (rysunek 4) dopasowano prostą o równaniu $y = ax + b$ i otrzymano następujące współczynniki prostej: $a = 0,017000 \pm 0,000044 \text{ [nm/punkty]}$ oraz $b = 420,72 \pm 0,33 \text{ [nm]}$.

Zbadano szerokość pierwszej linii dla rtęci dla różnych szerokości szczeliny monochromatora (rysunek 5).

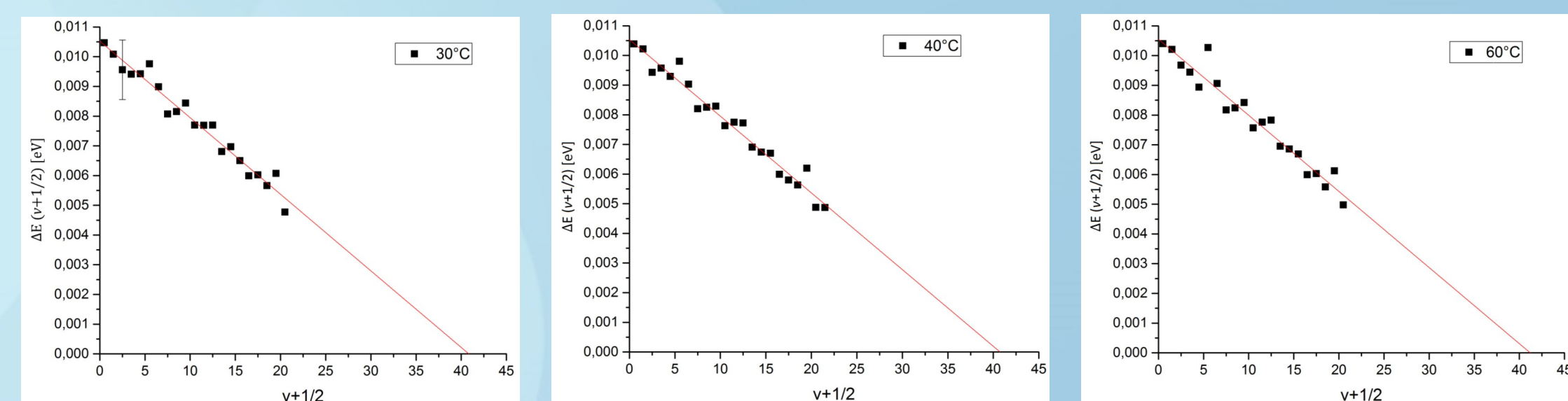


Rysunek 5. Kształt linii spektralnej dla różnych szerokości szczeliny.

Korzystając z uzyskanych widm (rysunek 6) oraz z ekstrapolacji Birge-Sponer wyznaczono energie dysocjacji molekuly jodu dla trzech różnych temperatur.



Rysunek 6. Wykres zależności amplitudy od energii dla komory z jodem.



Rysunek 7, 8, 9. Wykresy prezentujące ekstrapolację Birge-Sponer dla widma absorpcyjnego molekuly jodu dla temp.: 30°C , 40°C , 60°C . Niepewności punktów wynoszą $\pm 0,001 \text{ eV}$, co wynika z faktu, iż „grzebień” nachodzą na siebie, zaś minima efektywnie się przesuwają.

Współczynniki prostej o równaniu $ax + b$	30°C	40°C	60°C
	a $-0,000258 \text{ eV} \pm 0,000012 \text{ eV}$ b $0,01053 \text{ eV} \pm 0,00014 \text{ eV}$	a $-0,000259 \text{ eV} \pm 0,000011 \text{ eV}$ b $0,01054 \text{ eV} \pm 0,00014 \text{ eV}$	a $-0,000256 \text{ eV} \pm 0,000014 \text{ eV}$ b $0,01056 \text{ eV} \pm 0,00017 \text{ eV}$
Pole pod wykresem	$0,2152 \text{ eV} \pm 0,0097 \text{ eV}$	$0,2147 \text{ eV} \pm 0,0088 \text{ eV}$	$0,218 \text{ eV} \pm 0,012 \text{ eV}$
E_k – energia pierwszego minimum wysokoenergetycznego	$2,2534 \text{ eV} \pm 0,0027 \text{ eV}$	$2,2534 \text{ eV} \pm 0,0027 \text{ eV}$	$2,2585 \text{ eV} \pm 0,0027 \text{ eV}$
Energia dysocjacji molekuly jodu	$1,526 \text{ eV} \pm 0,012 \text{ eV}$	$1,526 \text{ eV} \pm 0,012 \text{ eV}$	$1,534 \text{ eV} \pm 0,015 \text{ eV}$

Rysunek 10. Zestawienie uzyskanych wyników dla komory z jodem podgrzewanej do temperatury 30°C , 40°C oraz 60°C .

Wnioski

Uzyskane wartości energii dysocjacji molekuly jodu są sobie równe w granicach niepewności. Wartość tablicowa dla pomiarów przy temperaturze 30°C wyniosła $1,543 \text{ eV}$, zaś energia doświadczalna otrzymana w trakcie analizy danych pomiarowych wyniosła $1,526 \text{ eV} \pm 0,012 \text{ eV}$. Porównanie widm absorpcyjnych uzyskanych dla różnych temperatur pokazuje, że „grzebień” dla $v'' = 1$ i $v'' = 2$ różnią się wielkością. Wraz ze wzrostem temperatury są one wyższe i wyraźniejsze, co jest związane z termicznym obsadzeniem stanów oscylacyjnych poziomu podstawowego. Zbadana zależność kształtu linii spektralnych przy kalibracji pozwala na stwierdzenie, że im większa szerokość szczeliny monochromatora, tym szersza linia w uzyskanym widmie, co w efekcie utrudnia lub nawet uniemożliwia analizowanie danych. Istotne jest, aby szerokość szczeliny monochromatora była więc możliwie najmniejsza, ale na tyle szeroka, by docierała przez nią wystarczająca ilość światła na przeprowadzenie pomiarów w określonym czasie.

Literatura

[1] Instrukcja do ćwiczenia umieszczona na stronie: www.2pf.if.uj.edu.pl/web/ii-pracownia-fizyczna/z19.

[2] Dodatek naukowy numer 1 – „Teoria” umieszczony na stronie: www.2pf.if.uj.edu.pl/web/ii-pracownia-fizyczna/z19.