

Tomasz Weselak

## Autoreferat

załącznik do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego  
na podstawie monotematycznego cyklu publikacji, stanowiących  
rozprawę habilitacyjną, pod tytułem:

### **Cząsteczki dwuatomowe w ośrodku międzygwiazdowym**

Bydgoszcz, 2014



## Spis treści

1. Dane osobowe i historia zatrudnienia .....	3
2. Dane bibliometryczne .....	7
3. Wstęp .....	8
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego / artystycznego .....	10
4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego / artystycznego .....	10
4.2 Prace naukowe współtworzące osiągnięcie naukowe / artystyczne.....	10
4.3 Zwięzłe omówienie osiągnięcia naukowego / artystycznego .....	11
4.4 Podsumowanie osiągnięcia naukowego / artystycznego .....	19
5. Zwięzłe omówienie pozostałych osiągnięć naukowych / artystycznych.....	21
5.1 Prace przed uzyskaniem stopnia doktora .....	21
5.2 Prace po uzyskaniu stopnia doktora.....	23
6. Plany naukowo-badawcze na najbliższe lata .....	25
Literatura.....	26



## 1. Dane osobowe i historia zatrudnienia

### 1.1. Imię i nazwisko

Tomasz Weselak

### 1.2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe / artystyczne z podaniem miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- 1997            Stopień magistra astronomii uzyskany na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Praca pt. „Badania spektroskopowe materii reliktovej w asocjacjach”; promotor: Prof. dr hab. Jacek Krełowski – Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu.
- 2002            Stopień doktora nauk fizycznych uzyskany na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Rozprawa pt. „Poszukiwanie widm nośników rozmytych linii międzygwiazdowych”. Promotor: Prof. dr hab. Jacek Krełowski – Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu. Recenzenci: dr hab. Prof. Jerzy Sikorki – Uniwersytet Gdański, dr hab. Andrzej Strobel – Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu.

### 1.3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych / artystycznych

- 1998 – 2002    Studia doktoranckie na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu
- od 2002        Adiunkt w Instytucie Fizyki na Wydziale Matematyki, Fizyki i Techniki Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

### Projekty badawcze

1. grant KBN/2P03D 018 16 „Próba wydzielenia z dostępnego zbioru linii rozmytych struktur pochodzących od tych samych nośników oraz próba ich klasyfikacji” – kierownik grantu
2. grant KBN/5P03D 016 21 „Słabe i silne linie rozmyte prawdopodobnie pochodzące od tego samego nośnika” – kierownik grantu
3. Badania własne UKW w 2004 roku – „Badania spektrofotometryczne materii międzygwiazdowej w asocjacjach” – kierownik grantu
4. Badania własne UKW w 2007 roku – „Badania spektroskopowe własności materii międzygwiazdowej” – kierownik grantu

5. N203 012 32/1550 na lata 2007-2010 – „Zmienna zawartość pyłu w obłokach międzygwiazdowych” – wykonawca
6. UMO-2011/01/BST2/05399 na lata 2011-2014 – „Przegląd widm obłoków międzygwiazdowych w wysokiej rozdzielczości” – wykonawca

### **Opieka naukowa nad studentami**

– promotor 3 prac licencjackich

### **Działalność organizacyjna**

– członek Komisji Wydziałowej – wybory Dziekana (1 kadencja)  
– od 2010 roku nieprzerwanie odpowiedzialny za różnice programowe na kierunku Fizyka

### **Wyjazdy zagraniczne i konferencje**

1. Konferencja ‘Star formation from the small to the large scale’ 2-5 listopad 1999
2. Szkoła Letnia „Solid State Astrochemistry” NATO – 3-15 czerwca 2000, Erice Włochy
3. Wyjazd na obserwacje w SAO Terskol - Rosja – sierpień 2004 rok
4. Konferencja „Molecules in Space and Laboratory”, 14-18 maja 2007, Paryż, Francja
5. Konferencja “Cosmic Dust - Near and Far”, 8-12 września 2008, Heidelberg, Niemcy
6. Konferencja “42nd IUPAC Congress Chemistry Solutions”, SECC, 2-7. sierpnia 2009, Glasgow, Szkocja, Wielka Brytania
7. Konferencja “The Diffuse Interstellar Bands” – IAU Syposium 297, 20-24 maj 2013

## Przeprowadzone wykłady naukowe / popularyzacyjne\* (od 2007 roku)

- 2007 01 09 – Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz , Seminarium Katedry Fizyki, – “Interstellar Medium and methods of its investigation”
- 2007 01 17 – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Seminarium Materii Międzygwiazdowej – “Proste cząsteczki i międzygwiazdowe linie rozmyte”
- 2007 04 20 – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Seminarium Materii Międzygwiazdowej – “O zależności między cząsteczkami CH i CN a nośnikami międzygwiazdowych linii rozmytych”
- 2007 04 27\* – Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, w cyklu “Dni Nauki” “Kosmiczne laboratorium”
- 2007 09 20 – XXXIII zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Kielce – „Struktury absorpcyjne w widmach obłoków międzygwiazdowych”
- 2007 12 12 – zjazd Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Bydgoszcz - „Wielkie sprawy małych molekuł”
- 2007 12 21 – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Seminarium Materii Międzygwiazdowej – “Wielkie sprawy małych molekuł”
- 2008 02 09 – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Seminarium Materii Międzygwiazdowej – “Wielkie sprawy małych molekuł – ciąg dalszy”
- 2008 10 24 – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Seminarium Materii Międzygwiazdowej – „Wąskie linie rozmyte w różnych środowiskach ośrodka międzygwiazdowego”
- 2009 04 22\* – Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz w cyklu “Dni Nauki” “Życie gwiazd”
- 2010 03 12 – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Seminarium Materii Międzygwiazdowej – „Rozszczepienia dopplerowskie w profilach międzygwiazdowych linii rozmytych”
- 2012 03 09 – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Seminarium Materii Międzygwiazdowej – „Struktury prostych molekuł w widmach obłoków międzygwiazdowych”

2014 03 28 – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Seminarium Materii

Międzygwiazdowej – „Pasma C-X molekuly CH – konfrontacja z innymi pasmami”

2014 04 07\* – Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, w cyklu “Dni Nauki”

“Obserwacje astronomiczne – czyli co można zobaczyć na niebie”

### Praca dydaktyczna

1. Podstawy Użytkowania Komputerów – wykład i laboratorium
2. Projekt – laboratorium
3. Systemy Operacyjne – laboratorium
4. Programowanie Strukturalne – wykład i laboratorium
5. Architektura komputerów – laboratorium
6. Astronomiczne Podstawy Geografii – wykład i ćwiczenia nieprzerwanie od 2005
7. Algorytmy i Struktury Danych – wykład i laboratorium
8. Podstawy Programowanie – wykład i laboratorium
9. Technologie Informacyjne – laboratorium
10. Podstawy Astronomii – wykład i ćwiczenia nieprzerwanie od 2008
11. Programowanie Obiektowe – laboratorium
12. Fizyka i Chemia Ziemi – wykład i ćwiczenia
13. Metody Numeryczne – laboratorium
14. Bazy Danych – wykład i laboratorium
15. Inżynieria Programowania – wykład i laboratorium
16. Pracownia Fizyczna I – laboratorium
17. Sieci komputerowe – wykład i laboratorium nieprzerwanie od 2011
18. Programowanie w LabView – laboratorium
19. Symulacje komputerowe w Fizyce – laboratorium
20. Symulacje komputerowe w kryminalistyce –laboratorium
21. Bezpieczeństwo Systemów komputerowych– wykład i laboratorium nieprzerwanie od 2011
22. Fizyka – wykład i ćwiczenia
23. Introduction to Astrophysics – wykład i konwersatorium
24. Termodynamika i Fizyka Statystyczna – ćwiczenia od 2014
25. Fizyka laboratoryjna – laboratorium od 2014

## 2. Dane bibliometryczne

Publikacje naukowe w bazie Astrophysics Data System **ADS**; (Web of Science **WoS**);

stan na dzień 20 października 2014 roku

Całkowita liczba publikacji i doniesień prasowych: **25** (**20** po doktoracie) w bazie **ADS**;  
(21 (16 po doktoracie) w bazie **WoS**)

Całkowita liczba publikacji (artykuły z bazy Journal Citation Reports - **JCR**) :

**16** (**12** po doktoracie) w bazie **ADS**; (15 (11 po doktoracie) w bazie **WoS**)

Sumaryczny *impact factor* zgodnie z rokiem publikacji: **59,614** (**49,501** po doktoracie)

Liczba cytowań: **240** w bazie **ADS**; (201 w bazie **WoS**)

Liczba cytowań z wyłączeniem autocytowań: **171** w bazie **ADS** (157 w bazie **WoS**)

Liczba cytowań na jedną publikację: **15,00** w bazie **ADS**; (12,56 w bazie **WoS**)

Liczba cytowań na jedną publikację z wyłączeniem autocytowań: **11,87** w bazie **ADS**;  
(10,47 w bazie **WoS**)

Indeks Hirscha: #H: **11** w bazie Google Scholar, **10** w bazie **ADS**; (9 w bazie **WoS**)

### 3. Wstęp

Badania spektroskopowe materii międzygwiazdowej sięgają początku ubiegłego wieku, kiedy odkryto w niej obecność zjonizowanego wapnia (Hartmann 1904) oraz neutralnego sodu (Heger 1919) na podstawie obserwacji gwiazd spektroskopowo podwójnych.

Pierwsze obserwacje widm prostych cząsteczek CH oraz CN, czy  $\text{CH}^+$  zostały zarejestrowane w widmach gwiazd wczesnych typów widmowych już w latach trzydziestych ubiegłego wieku (Dunham 1937, Swings i Rosenfeld 1937, McKellar 1940a, b, Douglas i Herzberg 1941).

W widmach gwiazd wczesnych typów widmowych zaobserwowano również linie międzygwiazdowe nieznanego pochodzenia określane mianem międzygwiazdowe linie rozmyte (ang. Diffuse Interstellar Bands) – Heger (1922).

Od tamtego czasu, w dziedzinie obserwacji spektroskopowych nastąpił znaczący przełom dzięki umieszczeniu w latach 70-tych spektrografów na pokładach sztucznych satelitów (IUE, HST, FUSE) umożliwiających rejestrację widm atomów i cząsteczek w zakresie ultrafioletowym, niedostępnym dla obserwacji naziemnych. Obserwacje spektroskopowe z instrumentów umieszczonych na satelitach doprowadziły do ustalenia gęstości kolumnowych atomów oraz najbardziej obfitych cząsteczek znajdujących się w materii międzygwiazdowej w Galaktyce –  $\text{H}_2$  (Savage, 1977) oraz CO (Federman 1980).

Z kolei rozwój obserwatoriów naziemnych i montaż wysokiej klasy spektrografów na instrumentach o dużej średnicy doprowadziły do rejestracji widm wysokiej jakości, umożliwiających badania kolejnych prostych cząsteczek takich jak OH (Crutcher i Watson 1976), NH (Meyer i Roth 1991),  $\text{OH}^+$  (Krełowski i in. 2010), których struktury absorpcyjne są obserwowane w zakresie ultrafioletowym, dostępnym jeszcze dla obserwacji naziemnych. Na takich widmach opiera się moja praca. Pochodzą one ze spektrografów znajdujących się na północnej jak i na południowej półkuli.

- McDonald (Stany Zjednoczone, teleskop Otto Struve 2.1-m)
- SAO (Special Astrophysical Observatory – Rosja, teleskop 1-m)
- MAESTRO (MAtrix Echelle SpecTRograph – Rosja, teleskop 2-m)
- BOAO (Bohyunsan Optical Astronomy Observatory – Korea Płd. teleskop 1.8-m)
- FEROS (Fiber-fed Extended Range Optical Spectrograph – Chile, teleskop 2.2-m)
- HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher – Chile, teleskop 3.6-m)
- UVES (Ultraviolet and Visual Echelle Spectrograph – Chile, teleskop 8.2-m)
- MIKE (Magellan Inamori Kyocera Echelle Spectrograph – Chile, teleskop 6.5-m)



Pierwsza część autoreferatu zawiera skrócony opis osiągnięcia naukowego zawartego w monotematycznym cyklu publikacji pod tytułem „Cząsteczki dwuatomowe w ośrodku międzygwiazdowym”.

W części drugiej został zawarty mój dorobek naukowy związany ściśle z badaniami międzygwiazdowych linii rozmytych.

#### 4. Wskazanie osiągnięcia<sup>1</sup> wynikającego z ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, ze zm.)

Jako osiągnięcie naukowe, zgodnie z powyższą ustawą, wskazuję jednotematyczny cykl 8 publikacji. Pod każdą z wymienionych publikacji podaję impact factor (JCR) czasopisma zgodnie z rokiem opublikowania, liczbę cytowań (ADS) oraz oszacowany przeze mnie mój procentowy udział w powstaniu pracy.

##### 4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego / artystycznego

Cząsteczki dwuatomowe w ośrodku międzygwiazdowym

##### 4.2 Prace naukowe współtworzące osiągnięcie naukowe (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa),

- H1. Weselak, T., Galazutdinov, G. A., Musaev, F., Krełowski, J., 2004, "On the relation between diffuse bands and H<sub>2</sub>, CH, CO molecules", Astronomy&Astrophysics, 414, 949-955  
*impact factor: 3.694; liczba cytowań: 29; mój udział w pracy: 60%*
- H2. Weselak, T., Galazutdinov, G. A., Musaev, F., Krełowski, J. 2008, "Relation between CH cation and neutral/molecular hydrogen", Astronomy&Astrophysics, 479, 149-154  
*impact factor: 4.153 ; liczba cytowań: 16; mój udział w pracy: 70%*
- H3. Weselak, T; Galazutdinov, G.A; Beletsky, Y; Krełowski, J., 2009, "The relation between interstellar OH and other simple molecules" , Astronomy & Astrophysics 499, 783-787  
*impact factor: 4.179; liczba cytowań: 13; mój udział w pracy: 70%*
- H4. Weselak, T; Galazutdinov, G.A; Beletsky, Y; Krełowski, J., 2009, "Interstellar NH molecule in translucent sightlines", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 400, 392-397  
*impact factor: 5.103; liczba cytowań: 11; mój udział w pracy: 70%*
- H5. Weselak, T; Galazutdinov, G.A; Beletsky, Y; Krełowski, J., 2010, "The relation between column densities of interstellar OH and CH molecules", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 402, 1991-1994  
*impact factor: 5.100; liczba cytowań: 10; mój udział w pracy: 70%*

---

<sup>1</sup> w przypadku, gdy osiągnięciem jest praca / prace wspólne należy przedstawić oświadczenia wszystkich jej współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w jej powstanie

- H6.** Weselak, T; Galazutdinov, G.A; Musaev, FA; Krełowski, J., 2009, "Observational test of the CH cation oscillator strengths", *Astronomy & Astrophysics*,: 495, 189-194  
*impact factor: 4.179; liczba cytowań: 15; mój udział w pracy: 70%*
- H7.** Weselak, T; Galazutdinov, G.A; Beletsky, Y; Krełowski, J., 2011, "On the CH B-X (1, 0) band in translucent clouds", *Astronomische Nachrichten*, 332, 167-172  
*impact factor: 1.012; liczba cytowań: 2; mój udział w pracy: 70%*
- H8.** Weselak, T; Galazutdinov, G.A; Gnaciński, P.; Krełowski, J., 2014, "Consistent system of oscillator strengths of  $A^2\Delta - X^2\Pi(0, 0)$  and  $B^2\Sigma^- - X^2\Pi(0, 0)$  bands of CH molecule", *Acta Astronomica*, 64, 277-292  
*impact factor: 1.955 (2014); liczba cytowań: 0 ; mój udział w pracy: 70%*

Sumaryczny *impact factor* prac [H1]-[H8] wynosi **29,375**.  
 Średni *impact factor* prac [H1]-[H8] wynosi **3,672**.

Dane na temat cytowań prac [H1]-[H8] nie są zgodne. Dlatego w Tabeli 1 zawarto informacje na temat liczby cytowań poszczególnych prac w zależności od źródła.

**Tabela 1.** Liczba cytowań dla prac [H1]-[H8] według źródła.  
 Stan na dzień 20 października 2014.

Publikacja	ADS	Web of Science	Google Scholar
H1	<b>29</b>	23	27
H2	<b>16</b>	13	16
H3	<b>13</b>	10	12
H4	<b>11</b>	8	11
H5	<b>10</b>	8	11
H6	15	9	<b>18</b>
H7	<b>2</b>	0	1
H8	0	0	0

### 4.3 Zwięzłe omówienie osiągnięcia naukowego / artystycznego

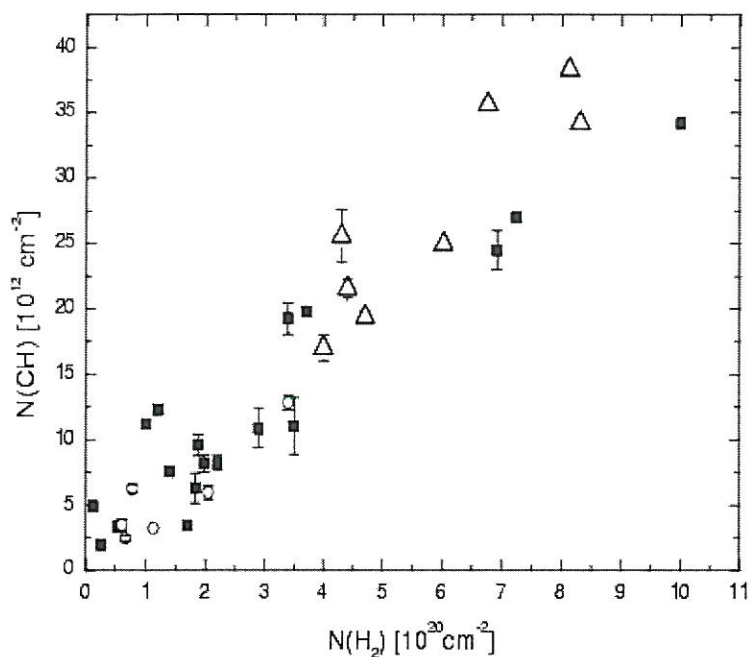
Celem naukowym wymienionych prac było w pierwszej kolejności precyzyjne określenie gęstości kolumnowych prostych cząsteczek w kierunku badanych gwiazd. To z kolei doprowadziło do sprawdzenia zależności między gęstościami kolumnowymi prostych cząsteczek znajdujących się w ośrodku międzygwiazdowym w oparciu o próbkę obiektów na jaką pozwalał dostępny materiał obserwacyjny ([H1] – [H5])

W międzyczasie okazało się, że moce oscylatorów dla obserwowanych przejść cząsteczek dwuatomowych znajdujących się w ośrodku międzygwiazdowym mogą być sprawdzone i/lub wyznaczone z dużą dokładnością w oparciu o dostępny materiał obserwacyjny ([H6] – [H8]).

## [H1]

Praca opiera się na widmach 38 obiektów ze spektrografów zainstalowanych w obserwatoriach McDonald i SAO, a dotyczy związków pomiędzy gęstościami kolumnowymi prostych cząsteczek CH, H<sub>2</sub>, CO, zależności gęstości kolumnowych cząsteczek CH, H<sub>2</sub>, CO z nadwyżkami barwy E(B-V) oraz zależności gęstości kolumnowych cząsteczek CH, H<sub>2</sub>, CO od stosunku głębokości centralnych linii rozmytych 5797 i 5780 (wartość stosunku głębokości centralnej linii rozmytych 5797 i 5780 świadczy o obłoku typu *sigma* lub *zeta*; dla obłoku typu *zeta* stosunek głębokości 5797/5780 jest znacznie większy, niż dla obłoku typu *sigma*). Gęstości kolumnowe cząsteczek CO oraz H<sub>2</sub> zostały wzięte z literatury (Savage i in. 1977, Federman 1980).

Praca H1 opierała się na większej próbie statystycznej obiektów niż praca Federmana (1982) – 15 obiektów z danymi gęstościami kolumnowymi CH i H<sub>2</sub>, Danksa, Federmana i Lamberta (1984) – 29 obiektów, a bardzo dobra (ze współczynnikiem korelacji 0.94) liniowa zależność między gęstościami kolumnowymi CH i H<sub>2</sub> została wyznaczona dokładniej niż dotychczas w skali liniowej ( $N_{H_2} = (2.3 \pm 0.3) \times 10^7 N_{CH}$ ).



**Rys. 1.** Zależność między gęstościami kolumnowymi cząsteczek H<sub>2</sub> i CH uzyskana w pracy [H1]. Trójkąty oznaczają obiekty typu *zeta*, okręgi obiekty typu *sigma*. Kwadraty oznaczają obiekty typu pośredniego.

Jest to o tyle ważne, iż można oszacować na jej podstawie gęstość kolumnową wodoru molekularnego w przypadku, gdy nie jest ona znana z trudno dostępnych obserwacji satelitarnych.

Dodatkowo w pracy udało się po raz pierwszy ustalić liniowy związek pomiędzy czynnikiem określającym zawartość wodoru molekularnego w obłoku  $f(H_2) = 2N(H_2) / (2N(H_2) + N(HI))$ , a stosunkiem głębokości centralnych linii rozmytych 5797 i 5780 (ze współczynnikiem korelacji 0.83), co świadczy o tendencji do formowania się nośników wąskich linii rozmytych, takich jak 5797, w środowiskach zdominowanych przez wodór molekularny.

*Mój udział w pracy: wykonanie pomiarów, analiza danych, napisanie większości tekstu, wykonanie wszystkich rysunków, pełna końcowa redakcja pracy.*

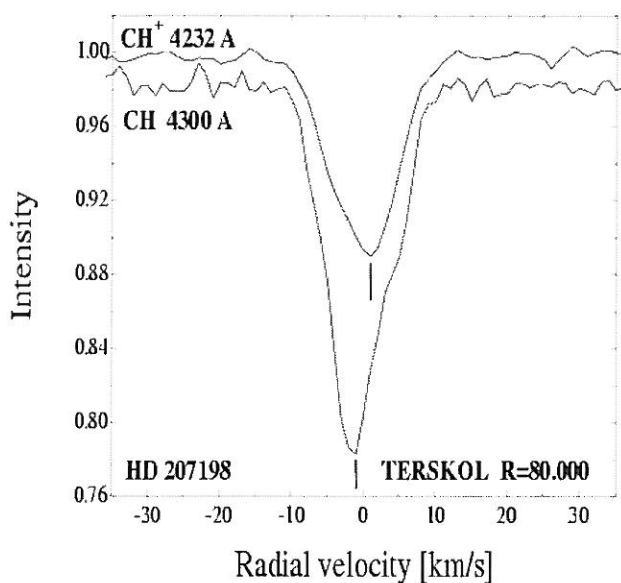
## [H2]

Praca ta opierała się na widmach 53 obiektów uzyskanych za pomocą instrumentów w obserwatoriach TERSKOL, BOAO i ESO (spektrografy FEROS oraz HARPS). Dane o gęstościach kolumnowych wodoru molekularnego  $H_2$  i/lub atomowego HI zostały wzięte z literatury.

Gęstości kolumnowe  $CH^+$  dla wszystkich zamieszczonych w pracy obiektów zostały wyznaczone w oparciu o pomiary linii 4232 lub 3957; pomiary linii  $CH^+$  3957 były wykorzystane gdy  $CH^+$  4232 wykazywała nasycenia.

Nie znaleziono zależności między gęstościami kolumnowymi  $CH^+$ , a wodorem międzygwiazdowym w jakiegokolwiek formie (HI,  $H_2$ , HI +  $2H_2$ ).

Dodatkowo w widmie gwiazdy HD 207198 wykazano wyraźne przesunięcie w skali prędkości radialnych (rzędu kilku km/s) pomiędzy profilami linii CH i  $CH^+$  będące potwierdzeniem formacji molekuly  $CH^+$  przy temperaturach kinetycznych wyższych niż 1000K – jak przewidują modele, a dotychczasowe obserwacje (Gredel 1993, Snow i McCall 2006) tego nie potwierdzały.



Rys. 2. Przesunięcie w skali prędkości radialnych widoczne w widmie HD 207198 dla linii CH 4300 A i  $CH^+$  4232 A opublikowane w pracy [H2].

*Mój udział w pracy: wykonanie pomiarów, analiza danych, napisanie większości tekstu, wykonanie wszystkich rysunków, pełna końcowa redakcja pracy.*

## [H3]

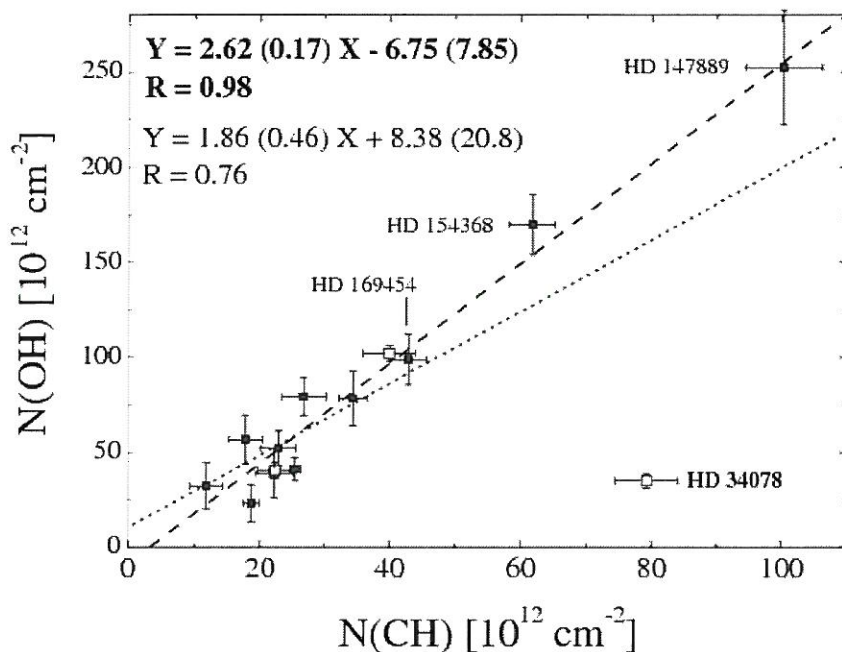
W pracy opierającej się o widma 10 obiektów ze spektrografów BOES i UVES po raz pierwszy dokonano precyzyjnych wyznaczeń gęstości kolumnowych międzygwiazdowej cząsteczki OH w przypadku większej liczby obiektów (dawniej – pojedyncze obiekty).

Po sprawdzeniu literaturowych długości fal i mocy oscylatorów dla przejść odpowiadających strukturom w pobliżu 3078 i 3082 A uzyskano gęstości kolumnowe, które posłużyły następnie do sprawdzenia zależności korelacyjnych pomiędzy gęstościami kolumnowymi cząsteczek OH, CH,  $CH^+$ , CN i  $H_2$  (dane o gęstościach kolumnowych  $H_2$  wzięto z literatury).

Po raz pierwszy opublikowano bardzo dobrą zależność między gęstościami kolumnowymi cząsteczek OH i CH ( $N_{OH} = (2.62 \pm 0.17) N_{CH}$ ).

Zależność ( $N_{\text{OH}} = (2.62 \pm 0.17) N_{\text{CH}}$ ) może być wykorzystana do określenia gęstości kolumnowej międzygwiazdowej cząsteczki OH na podstawie znanej gęstości kolumnowej molekuly CH.

Wartość uzyskana w pracy nie odbiega od wartości stosunku O/C = 2.35 uzyskanej na podstawie kosmicznych obfitości powszechnie cytowanych w literaturze (Anders i Grevesse 1989).



**Rys. 3.** Zależność między gęstościami kolumnowymi międzygwiazdowych cząsteczek OH i CH wzięta z pracy [H3]. Linia pogrubioną zaznaczono wynik dopasowania prostej z wyłączeniem punktu HD 34078. Linia cienką oznaczono wynik dopasowania do wszystkich punktów. Dane literaturowe oznaczono otwartymi prostokątami.

Gwiazda HD 34078 (AE Aur) jest wyjątkowym obiektem, w widmie, w którym wąskie linie rozmyte, takie jak 5797, wykazują względne osłabienie (Weselak i in. 2008). Podobnie zachowuje się cząsteczka OH (Rys. 3). Ostatnie badania HD 34078 wskazują na anomalne zachowania innych struktur pochodzenia międzygwiazdowego, np.  $\text{CH}^+$  (Boisse i in. 2009).

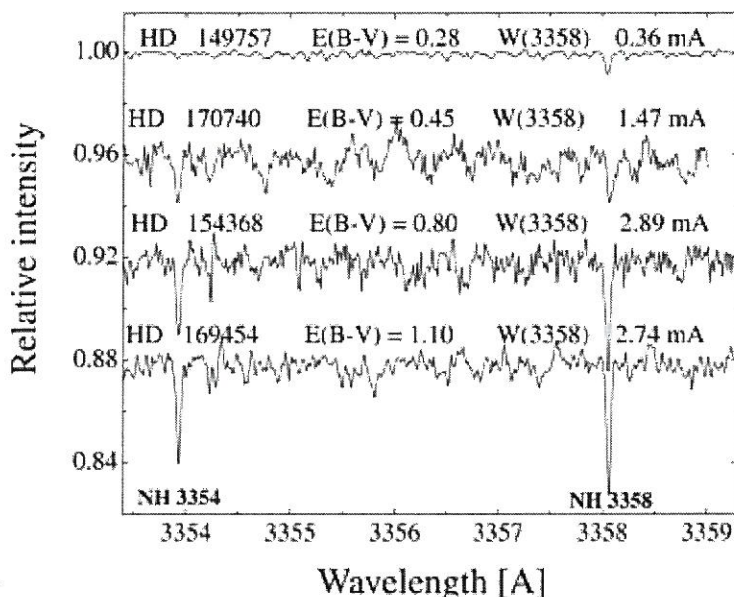
*Mój udział w pracy: wykonanie pomiarów, analiza danych, napisanie większości tekstu, wykonanie wszystkich rysunków, pełna końcowa redakcja pracy.*

#### [H4]

W pracy opierającej się o widma 10 obiektów ze spektrografów BOES i UVES po raz pierwszy dokonano precyzyjnych wyznaczeń gęstości kolumnowych międzygwiazdowej cząsteczki NH w większej liczbie obiektów. Po sprawdzeniu literaturowych długości fal i mocy oscylatorów dla przejść odpowiadających struktrom w pobliżu 3354 i 3358 Å uzyskano gęstości kolumnowe, które posłużyły następnie do sprawdzenia zależności korelacyjnych pomiędzy gęstościami kolumnowymi cząsteczek NH, OH, CH,  $\text{CH}^+$ , CN i  $\text{H}_2$  (dane o gęstościach kolumnowych wodoru molekularnego wzięto z literatury).

Znaleziono po raz pierwszy dobrą zależność korelacyjną gęstości kolumnowych cząsteczek NH i CN (współczynnik korelacji  $0.78 \pm 0.12$ ).

Gęstości kolumnowe międzygwiazdowej cząsteczki NH są również dobrze skorelowane z nadwyżkami barwy E(B-V) ze współczynnikiem korelacji  $0.84 \pm 0.09$ , co sugeruje prawdopodobny związek z ziarnami pyłu.



Rys. 4. Struktury cząsteczki NH w pobliżu 3354 i 3358 Å widoczne w widmach 4 obiektów o wzrastającej nadwyżce barwy (od góry do dołu). Rysunek wzięty z pracy [H4].

*Mój udział w pracy: wykonanie pomiarów, analiza danych, napisanie większości tekstu, wykonanie wszystkich rysunków, pełna końcowa redakcja pracy.*

#### [H5]

W pracy, która opiera się na widmach 16 obiektów ze spektrografów FEROS, BOES i UVES (bez danych z literatury) uzyskano zależności korelacyjne między gęstościami kolumnowymi międzygwiazdowych cząsteczek zawierających wodór i nie będących jonami (OH, CH, H<sub>2</sub>, NH).

Zależności między gęstościami kolumnowymi prostych cząsteczek w ośrodku międzygwiazdowym porównano z danymi z literatury (Liszt i Lucas 2002) w Tabeli 2 pracy [H5].

Uzyskano również nowe wartości współczynników liniowych zależności między gęstościami kolumnowymi cząsteczek OH, CH i H<sub>2</sub>. W przypadku OH/CH uzyskano  $2.52 \pm 0.35$  czyli wartość jeszcze bardziej zbliżoną do powszechnie cytowanych w literaturze dla stosunku obfitości atomów (Anders i Grevesse 1989). W przypadku stosunku gęstości kolumnowych cząsteczek H<sub>2</sub> i CH uzyskaną nową wartość  $(2.31 \pm 0.28) \times 10^7$  zbliżoną do przedstawionej w pracy [H1].

Dane obserwacyjne zostały porównane z modelowymi (van Dishoeck & Black 1986) w kierunku gwiazd HD 23180, 24398 i 149757. Uzyskano w ten sposób informacje na temat liczby atomów wodoru oraz temperatury kinetycznej w centrum obłoku. Przykładowo w kierunku HD 149757 (zeta Oph) koncentracja atomów wodoru wynosi  $600 \text{ cm}^{-3}$  zaś temperatura kinetyczna 30 K (van Dishoeck & Black 1986).

Jest to wartość zbliżona do temperatury rotacyjnej wyznaczonej ze stosunku obsadzeń poziomów rotacyjnych cząsteczki C<sub>2</sub> którą oszacowano na 20-45K (Lambert i in. 1995).

*Mój udział w pracy: wykonanie pomiarów, analiza danych, napisanie większości tekstu, wykonanie wszystkich rysunków, pełna końcowa redakcja pracy.*

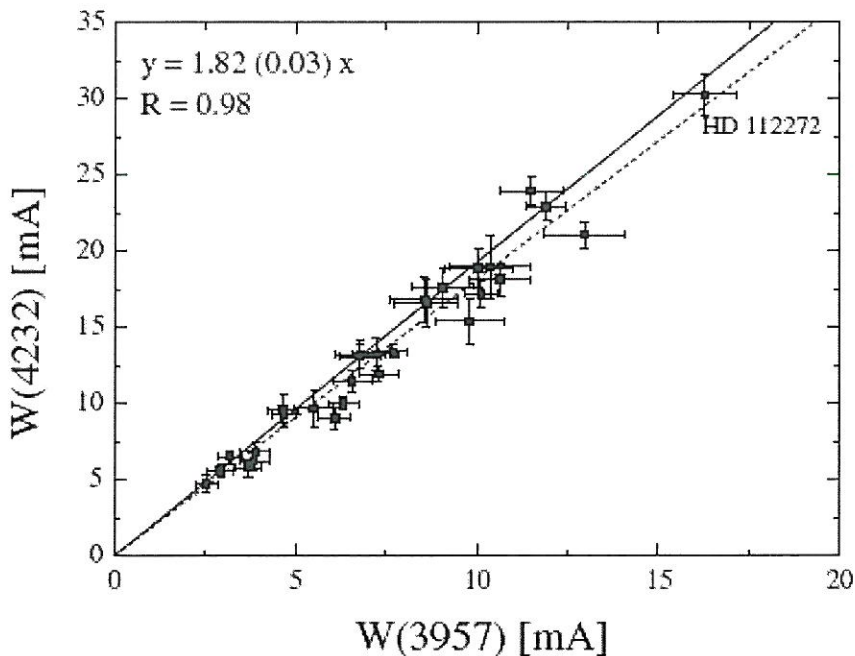
**[H6]**

Linie (0, 0) i (1, 0) pasma A-X cząsteczki  $\text{CH}^+$  położone w pobliżu 4232 i 3957 są łatwo dostępne dla obserwacji naziemnych, dlatego często są cytowane w literaturze (Gredel 1993). Pozostałe struktury odpowiadające kolejnym przejściom odpowiednio (2, 0), (3, 0), (4, 0) i położone w pobliżu 3745, 3579 i 3447 Å zostały odkryte w laboratorium przez Douglasa i Mortona (1960) i po raz pierwszy odkryte w ośrodku międzygwiazdowym w widnie gwiazdy HD 149757 ( $\zeta\text{Oph}$ ) przez Herbiga (1968).

W literaturze powszechnie cytuje się moce oscylatorów pierwszych dwóch przejść (0, 0) i (1, 0) pasma A-X cząsteczki  $\text{CH}^+$ ; moce oscylatorów pozostałych przejść nie są zazwyczaj cytowane.

W oparciu o widma wysokiej jakości pochodzące z instrumentów UVES oraz HARPS zaistniała możliwość stworzenia spójnego systemu mocy oscylatorów dla wszystkich dostępnych przejść A-X molekuly  $\text{CH}^+$ . W oparciu o taki system w przypadku wyznaczania gęstości kolumnowej (w  $\text{cm}^{-2}$ ) można posłużyć się strukturą nienasyconą, dla której znana jest moc oscylatora  $f$ , zgodnie z wzorem  $N = 1.13 \cdot 10^{20} W / (\lambda^2 f)$ , gdzie  $W$  jest zmierzoną szerokością równoważną w Angstromach,  $\lambda$  długością fali w Angstromach.

W pracy wykorzystano widma 36 obiektów, w których było widoczne przejście A-X molekuly  $\text{CH}^+$ . Położenia kolejnych struktur zostały porównane z danymi z literatury (Herbig 1968) i nie wykazały istotnych różnic.



**Rys. 5.** Opublikowana w pracy [H6] zależność korelacyjna między szerokościami równoważnymi linii  $\text{CH}^+$  4232 i 3957 Å. Linia ciągła odpowiada stosunkowi szerokości równoważnych linii  $\text{CH}^+$  4232 i 3957 poprzednio przyjmowanych w literaturze 1.88 (na podstawie mocy oscylatorów 0.00545 oraz 0.00331 dla linii  $\text{CH}^+$  4232 i 3957 Å). Linia przerywaną zaznaczono najlepsze dopasowanie do danych. Nowo wyznaczonemu współczynnikowi  $1.82 \pm 0.03$  odpowiada nowa moc oscylatora dla linii  $\text{CH}^+$  3957 Å, równa  $(342 \pm 6) \times 10^{-5}$ .



Przy założeniu że moc oscylatora przejścia odpowiadającego najsilniejszej strukturze 4232 Å jest prawidłowa i wynosi 0.00545 (Larsson i Siegbahn 1983) oraz że mamy do czynienia ze strukturami nienasyconymi, wyznaczone zostały moce oscylatorów dla kolejnych przejść (na podstawie stosunków szerokości równoważnych  $W_1$  i  $W_2$  zgodnie ze wzorem:  $W_1/W_2 = (f_1 \lambda_1^2) / (f_2 \lambda_2^2)$ ).

Wyznaczone w ten sposób moce oscylatorów (dla linii 3957, 3745, 3579 i 3447 Å wynoszą kolejno  $(342 \pm 6)$ ,  $(172 \pm 9)$ ,  $(75 \pm 8)$  i  $(40 \pm 5) \times 10^{-5}$ ) i są obecnie cytowane w literaturze (np. Gredel i in. 2011).

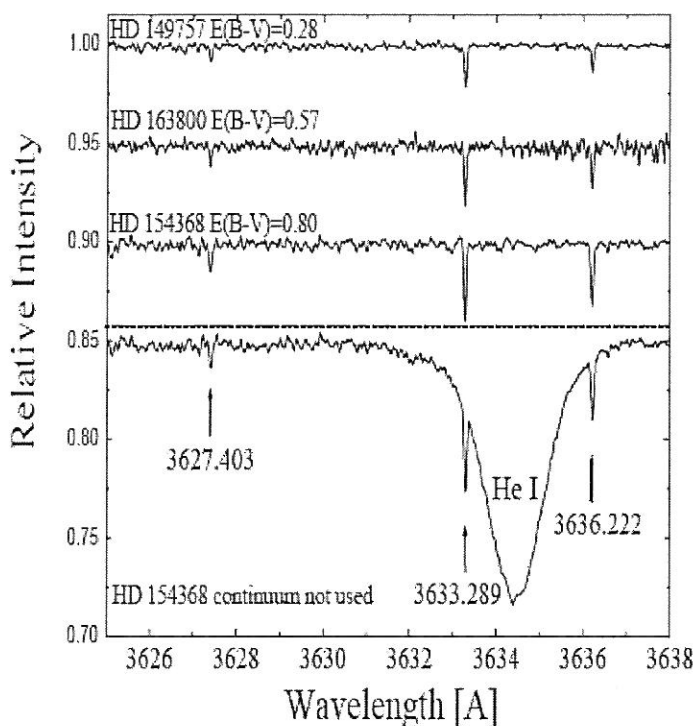
*Mój udział w pracy: wykonanie pomiarów, analiza danych, napisanie większości tekstu, wykonanie większości rysunków, pełna końcowa redakcja pracy.*

### [H7]

Pasmo B-X (0, 0) cząsteczki CH w pobliżu 3886 Å jest często cytowane w literaturze (Herbig 1968, Cardelli i Wallerstein 1986), jednak odkryte w ośrodku międzygwiazdowym dopiero w 1990 roku przez Meyera pasmo B-X (1, 0) w pobliżu 3633 Å zostało zaobserwowane jedynie w kierunku gwiazdy HD 21483.

W oparciu o widma wysokiej jakości pochodzące ze spektrografu UVES udało się zidentyfikować to interesujące pasmo molekuly CH w widmach 13 obiektów. Dostępne z danych laboratoryjnych położenia struktur (Gero 1941, Bernath 1991) zostały porównane z obserwacjami i nie wykazały istotnych różnic.

W oparciu o pasmo B-X (0, 0) molekuly CH po raz pierwszy wyznaczono moce oscylatorów kolejnych przejść B-X (1, 0) molekuly CH w pobliżu 3627, 3633 oraz 3636 Å wynoszące odpowiednio  $(35 \pm 3)$ ,  $(105 \pm 5)$  i  $(69 \pm 8) \times 10^{-5}$ .



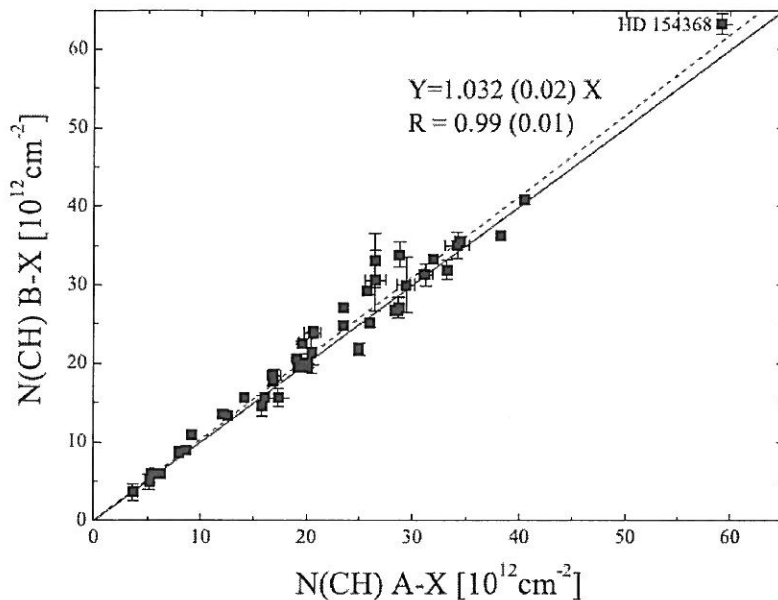
**Rys. 6.** Opublikowane w pracy [H7] widma 3 obiektów z wyraźnie widocznym niezwykle rzadko obserwowanym pasmem B-X (1, 0) cząsteczki CH. Rysunek poniżej przedstawia widmo gwiazdy HD 154368 przed dopasowaniem kontinuum z linią He I pochodzenia gwiazdowego.

Wyznaczone w pracy [H7] gęstości kolumnowe cząsteczki CH wyznaczone w oparciu pasmo B-X (0, 0) oraz B-X (1, 0) są zgodne ze współczynnikiem korelacji 0.99.

*Mój udział w pracy: wykonanie pomiarów, analiza danych, napisanie większości tekstu, wykonanie wszystkich rysunków, pełna końcowa redakcja pracy.*

### [H8]

Pasma A-X (0, 0) oraz B-X (0, 0) molekuly CH często pojawiają się w literaturze, jednak istniejące dotychczas dane literaturowe dotyczące mocy oscylatorów nie są zgodne (Tabela 3 w pracy Lien 1984).

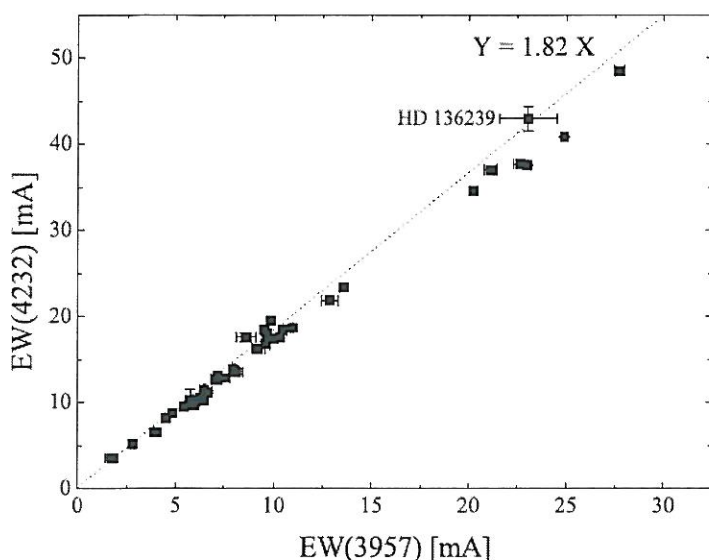


**Rys. 7** Opublikowana w pracy [H8] bardzo dobra zależność (linia przerywana) między gęstościami kolumnowymi cząsteczki CH otrzymanymi na podstawie pasm A-X (0, 0) oraz B-X (0, 0). Linia ciągłą zaznaczono pełną zgodność gęstości kolumnowych.

Sprawdzenie dostępnych mocy oscylatorów stało się możliwe dzięki materiałowi obserwacyjnemu wysokiej jakości, który pochodzi ze spektrografów UVES, HARPS, MIKE oraz MAESTRO. Praca opiera się na widmach 45 obiektów.

W pracy [H8] uzyskano spójny system mocy oscylatorów dla wszystkich pasm A-X (0, 0) oraz B-X (0, 0) molekuly CH obserwowanych w widmach obłoków międzygwiazdowych.

Poza tym w oparciu o nowszy i lepszy materiał obserwacyjny potwierdzono moce oscylatorów przejść A-X (0, 0) i (1, 0) cząsteczki CH<sup>+</sup> (struktury w pobliżu 4232 i 3957 Å) zaprezentowane uprzednio w pracy [H6].



**Rys. 8.** Liniowa zależność między szerokościami równoważnymi linii CH+ 4232 i 3957 Å potwierdzająca moce oscylatorów odpowiednio równe 0.00545 i 0.00342 (stosunek szerokości równoważnych opublikowany uprzednio w pracy [H6] wynosi 1.82 i odpowiada współczynnikowi kierunkowemu prostej oznaczonej linią kropkowaną). Jakość pomiarów w tym przypadku jest już bardzo wysoka.

*Mój udział w pracy: wykonanie pomiarów, częściowa analiza danych, napisanie większości tekstu, wykonanie wszystkich rysunków, pełna końcowa redakcja pracy.*

#### 4.4 Podsumowanie osiągnięcia naukowego / artystycznego

Najważniejsze wyniki mojego osiągnięcia naukowego zawartego w pracach [H1]-[H8] są następujące:

- Ustalono zależność liniową między gęstościami kolumnowymi cząsteczek H<sub>2</sub> i CH w ośrodku międzygwiazdowym w oparciu o rozbudowany materiał obserwacyjny. [H1]
- Ustalono brak zależności między gęstościami kolumnowymi cząsteczki CH<sup>+</sup> a gęstościami kolumnowymi wodoru pochodzenia międzygwiazdowego HI i H<sub>2</sub>. [H2]
- Odkryto bardzo dobrą zależność liniową między gęstościami kolumnowymi cząsteczek OH i CH występujących w ośrodku międzygwiazdowym. [H3]
- Po raz pierwszy wyznaczono gęstości kolumnowe cząsteczki NH w większej liczbie obiektów i sprawdzono zależności z gęstościami kolumnowymi innych cząsteczek ośrodka międzygwiazdowego. [H4]
- Po raz pierwszy obserwacyjnie wyznaczono moce oscylatorów kolejnych przejść (1, 0), (2, 0), (3, 0) i (4, 0) pasma A-X cząsteczki CH<sup>+</sup>. [H6]
- Po raz pierwszy obserwacyjnie wyznaczono moce oscylatorów linii pasma B-X (1, 0) molekuly CH obserwowanej w widmach obłoków międzygwiazdowych. [H7]
- Po raz pierwszy obserwacyjnie sprawdzono moce oscylatorów pasm A-X (0, 0) oraz B-X (0, 0) molekuly CH obserwowanych w widmach obłoków międzygwiazdowych. [H8]

Dzięki znajomości mocy oscylatorów zawartych w pracach [H6]-[H8] możliwe jest precyzyjne wyznaczenie gęstości kolumnowych cząsteczek CH i CH<sup>+</sup> w ośrodku międzygwiazdowym. Jeżeli obserwujemy kilka pasm pochodzących od tej samej cząsteczki możemy posłużyć się tym, które jest nienasycone. W tym celu wyznaczano lub sprawdzano moce oscylatorów dla mniej intensywnych przejść cząsteczek CH i CH<sup>+</sup> w pracach [H6]-[H8].

Ustalone w pracach [H1], [H3] i [H5] liniowe zależności między gęstościami kolumnowymi cząsteczek CH, OH i H<sub>2</sub> pozwalają na oszacowanie gęstości OH i H<sub>2</sub> w oparciu o precyzyjnie wyznaczoną gęstość kolumnową cząsteczki CH.

Posługując się sprawdzonymi mocami oscylatorów i wykorzystując nienasycone struktury cząsteczek w widmach możliwe jest uzyskanie precyzyjnych wartości gęstości kolumnowych w kierunku badanych obiektów.

Uzyskane w pracach [H1]-[H8] wyniki dotyczące gęstości kolumnowych cząsteczek dwuatomowych mogą być w przyszłości użyteczne celem porównania z danymi modelowymi obłoków międzygwiazdowych.

Moce oscylatorów zawarte w pracach [H6]-[H8] mogą zostać porównane z wynikami uzyskanymi za pomocą zaawansowanych metod obliczeniowych chemii kwantowej.

## 5. Zwięzłe omówienie pozostałych osiągnięć naukowych / artystycznych

### 5.1 Prace przed uzyskaniem stopnia doktora

- P1. Weselak, T., Schmidt, M., Krełowski, J., 2000, "A new survey of diffuse interstellar bands (5650 – 6865 Å)", *Astronomy&Astrophysics Supplement Series*, **142**, 239-246  
*impact factor: 2.790 (sympioton.com); liczba cytowań: 33 (Web of Science)*
- P2. Weselak, T., Fulara, J., Schmidt, M., Krełowski, J., 2001, 'A possible set of diffuse bands originating at the same carrier', *Astronomy&Astrophysics*, **377**, 677-686  
*impact factor: 2.281 (sympioton.com); liczba cytowań: 17 (Google Scholar)*
- P3. Krełowski, J., Ehrenfreund, P., Foing, B.H., Weselak, T., Tuairisg, S.O, Galazutdinov, G.A., Musaev, F.A., 1999, "On the relation between diffuse interstellar bands and simple molecular species", *Astronomy&Astrophysics*, **347**, 235-242  
*impact factor: 2.252 (sympioton.com); liczba cytowań: 47 (ADS)*

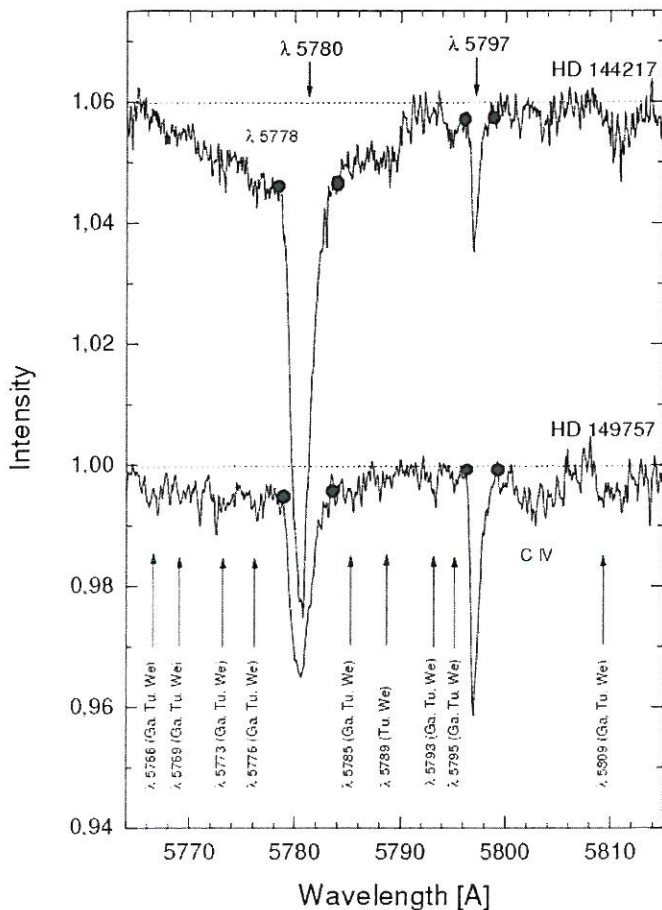
Jedno opublikowane streszczenie materiału konferencyjnego będące prezentacją wyników uzyskanych w pracy magisterskiej:

- K1. Weselak, T., 2000, "The behaviour of diffuse interstellar bands in different associations", *Proc. 33<sup>rd</sup> ESLAB Symp.*, "Star formation from the small to the large scale", F. Favata, A.A. Kaas & A. Wilson eds. s. 555-556

**Tabela 2.** Liczba cytowań dla prac [P1]-[P3] według źródła.  
Stan na dzień 20 października 2014.

Publikacja	ADS	Web of Science	Google Scholar
P1	30	<b>33</b>	32
P2	16	14	<b>17</b>
P3	<b>47</b>	42	41

Międzygwiazdowe linie rozmyte to cały czas wymykający się przed rozwiązaniem problem współczesnej spektroskopii. Te charakterystyczne struktury widmowe mają szerokości połówkowe znacznie przewyższające szerokości linii atomowych czy linii rotacyjno-wibracyjnych prostych cząsteczek i z tego właśnie powodu zostały określone jako międzygwiazdowe linie rozmyte (ang. Diffuse Interstellar Bands). Pierwszy przegląd międzygwiazdowych linii rozmytych opracowany przez Herbiga w 1975 roku zawierał 39 tego typu struktur. Obecnie w zakresie od 3900 do 8100 Å rejestruje się około 400 międzygwiazdowych linii rozmytych (Hobbs in. 2008, 2009).



**Rys. 9** Silne linie rozmyte w pobliżu 5780 i 5797 Å w widmach gwiazd HD 144217 (obiekt typu *sigma*) oraz HD 149757 (obiekt typu *zeta* – ζOph). Stosunki natężeń w obiektach typu *sigma* oraz *zeta* są różne (Krełowski i Westerlund 1988). Strzałkami oznaczono słabe struktury zamieszczone w pracy [P1 - We]. Kropki przedstawiają sposób dopasowania kontinuum w przypadku pomiaru szerokości równoważnych linii rozmytych 5780 i 5797 Å.

Moja praca przed uzyskaniem stopnia doktora ukierunkowana była na badania właściwości międzygwiazdowych linii rozmytych. Praca [P1] to obszerny przegląd tego typu struktur opracowany w oparciu o metodę uśredniania widm obłoków różnych typów. Do pracy wykorzystane zostały widma ze spektrografu McDonald w zakresie 5650-6865 Å.

Widma obiektów typu *sigma* (9 obiektów) oraz *zeta* (4 obiekty) były osobno dodawane do siebie a następnie normowane do jedności celem uzyskania wyższego stosunku do szumu. Uśrednione w ten sposób widma obłoków typu *sigma* oraz *zeta* były porównywane z widmem gwiazdy HD 210839 typu pośredniego celem sprawdzenia widoczności struktur w widmach obłoków poszczególnych typów jak i w obiekcie typu pośredniego. Praca uzyskała przychylną recenzję wzmiankowaną w pracy Hobbsa i in. (2008) – Dodatek B tamże.

Praca [P2] opierała się na widmach 41 obiektów z instrumentów McDonald oraz SAO (Terskol). Dobre zależności korelacyjne między głębokościami centralnymi linii rozmytych 5809, 6196, 6614 oraz 6660 Å pozwoliły podejrzewać pochodzenie od tego samego nośnika, które zostało poparte symulacjami profilu rotacyjnego cząsteczki

złożonej z 14 atomów C, N, O w temperaturze 60 K typowej dla ośrodka międzygwiazdowego. Jak dotychczas jednak nie udało się odnaleźć cząsteczki odpowiedzialnej za powstanie sugerowanego w pracy zestawu linii rozmytych.

W pracy [P3], która opierała się na danych z teleskopów McDonald, Terskol udało się określić dobrą zależność między szerokościami równoważnymi cząsteczki CH normowanymi nadwyżkami barwy E(B-V), a stosunkiem pomierzonych szerokości równoważnych linii rozmytych 5797 i 5780 Å. Mój udział w pracy polegał na opracowaniu danych literaturowych dotyczących cząsteczek CH i CH<sup>+</sup>.

## 5.2 Prace po uzyskaniu stopnia doktora

- P4. Weselak, T., Galazutdinov, G. A., Musaev, F., Krelowski, J., 2008, "The relation between CH and CN molecules and carriers of 5780 and 5797 diffuse interstellar bands", *Astronomy & Astrophysics*, 484, 381-388  
*impact factor: 3.694 (JCR); liczba cytowań: 30 (ADS)*
- P5. Weselak, T.; Galazutdinov, G.A; Han, I; Krelowski, J., 2010, "Doppler splitting in diffuse interstellar bands", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 401, 1308-1314  
*impact factor: 5.100 (JCR); liczba cytowań: 5 (ADS)*
- P6. Megier, A., Krelowski, J., Weselak, T., 2005, „Correlation patterns between 11 diffuse interstellar bands and ultraviolet extinction”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 358, 563-571  
*impact factor: 5.352 (symbioton.com); liczba cytowań: 15 (ADS)*
- P7. Schmidt, M. R.; Krelowski, J.; Weselak, T.; Galazutdinov, G. A., 2013, "CN (3,0) red system features in interstellar translucent clouds", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 431, 1795-1799  
*impact factor: 5.521 (JCR); liczba cytowań: 0 (ADS)*

Poza tym 3 opublikowane streszczenia prezentacji konferencyjnych

- K2. Weselak, T., Krelowski, J., 2008, "On the relation between column densities of CH and CN molecules and 5780 and 5797 diffuse bands", *Molecules in Space & Laboratory*, J.L., meeting held in Paris, France, 14-19 May 2007, Lemaire & F. Combes (eds), s. 41-42
- K3. Kaźmierczak, M.; Schmidt, M.; Weselak, T.; Galazutdinov, G.; Krelowski, J., 2014 "C<sub>2</sub> and Diffuse Interstellar Bands", *The Diffuse Interstellar Bands, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 297*, s. 121-124
- K4. Weselak, T.; Krelowski, J., 2014, „Spatial Correlations of Selected DIBs to the CH and CH<sup>+</sup> Molecules”, *The Diffuse Interstellar Bands, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 297*, s. 128-131

Oraz rozdział w monografii:

- M1. Weselak, T., 2012, "Heteronuclear diatomics in diffuse and translucent clouds", Nova Science Publishers in: "Interstellar Medium: New Research", Editors: Brian M. Cancellieri and Vladimir G. Mamedov, s. 25-38

**Tabela 3.** Liczba cytowań dla prac [P4] - [P7] według źródła.  
Stan na dzień 20 października 2014.

Publikacja	ADS	Web of Science	Google Scholar
P4	<b>30</b>	22	24
P5	<b>5</b>	2	2
P6	<b>15</b>	15	15
P7	0	0	0

Prace [P4]-[P6] skupiały się dalej nad zagadnieniami związanymi z międzygwiazdowymi liniami rozmytymi. Praca [P7] jest poświęcona cząsteczce CN.

W pracy [P4] opartej o obszerny materiał obserwacyjny składający się z 84 gwiazd wczesnych typów widmowych sprawdzono zależności korelacyjne między gęstościami kolumnowymi cząsteczek CH i CN a szerokościami równoważnymi linii rozmytych 5780 i 5797 Å. Zależności korelacyjne wykazały, że nośniki wąskich linii rozmytych takich jak 5797 lepiej korelują z gęstościami kolumnowymi cząsteczki CH niż CN. Szerokości równoważne linii rozmytych 5780 i 5797 wykazują bardzo słabą zależność korelacyjną z gęstościami kolumnowymi molekuly CN.

Praca [P5] dotyczy rozszczepień dopplerowskich po raz pierwszy zaobserwowanych w liniach rozmytych przez Herbiga i Soderbloma (1982) w widmie gwiazdy HD 183143. W oparciu o widma pochodzące ze spektrografów BOES, FEROS oraz HARPS udało się odnaleźć rozszczepienia dopplerowskie w liniach rozmytych oraz innych strukturach pochodzenia międzygwiazdowego w kierunku 6 nowych obiektów. Dodatkowo wyznaczono odległości do obłoków odpowiadających najbardziej krótkofalowym składnikom w widmach w oparciu o zależność szerokości równoważnej wapnia Ca II od odległości (Megier i in. 2005). Wyniki pomiarów i obliczeń porównano z danymi literaturowymi. Nie wykazano istotnych różnic.

W pracy [P6] opartej o widma 49 gwiazd ze spektrografów Sandiford (McDonald), CEGS (SAO) oraz FEROS (ESO) sprawdzono zależności między szerokościami równoważnymi 11 linii rozmytych a przebiegiem krzywej ekstynkcji w ultrafioletowej części widma. Otrzymano niejednoznaczne wyniki. Wkład autora autoreferatu polegał na wykonaniu wszystkich pomiarów szerokości równoważnych międzygwiazdowych linii rozmytych rozpatrywanych w pracy.



Praca [P7] dotyczy nie obserwowanego dotychczas w widmach obłoków międzygwiazdowych pasma A-X (3, 0) cząsteczki CN. Jest ono trudno obserwowane ze względu na istnienie w regionie jego występowania silnych linii tellurycznych pochodzących od ziemskiej atmosfery. Udało się to pasmo zaobserwować w widmach 8 gwiazd. Pasma CN A-X (3, 0) może być wykorzystane do określenia gęstości kolumnowych tej molekuly w przypadkach, kiedy inne jej struktury w widmie są nasycone.

Większość prac nad cząsteczkami dwuatomowymi oraz międzygwiazdowymi liniami rozmytym zostało podsumowane w monografii [M1].

## 6. Plany naukowo-badawcze na najbliższe lata

Obszerna baza danych, w oparciu o którą zostały napisane prace ujęte w niniejszym autoreferacie jest cały czas w trakcie rozbudowy. Kolejne widma ciekawych obiektów mogą posłużyć do badań nad ośrodkiem międzygwiazdowym. Prace te chciałbym kontynuować w przyszłości. Główne kierunki badań są następujące:

- dalsze prace nad ustaleniem dokładnych wartości mocy oscylatorów dla kolejnych przejść molekuł obserwowanych w widmach obłoków międzygwiazdowych
- ustalenie precyzyjnych wartości gęstości kolumnowych prostych molekuł w oparciu o sprawdzone lub znalezione wartości mocy oscylatora dla rozpatrywanych przejść
- dalsze prace nad sprawdzeniem zależności między gęstościami kolumnowymi prostych molekuł a natężeniami międzygwiazdowych linii rozmytych
- dalsze badania nad właściwościami międzygwiazdowych linii rozmytych

## Literatura

- Anders, E.; Grevesse, N., 1989, "Abundances of the elements - Meteoritic and solar", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **53**, 197
- Bernath, P. F., "Spectra of Atoms and Molecules", *Oxford University Press*. (2005)
- Bernath, P. F.; Brazier, C. R.; Olsen, T.; Hailey, R.; Fernando, W. T. M. L.; Woods, Christine; Hardwick, J. L., 1991, "Spectroscopy of the CH free radical", *Journal of Molecular Spectroscopy*, **147**, 16
- Boissé, P., in., 2009, "CO emission and variable CH and CH<sup>+</sup> absorption towards HD 34078: evidence for a nascent bow shock", *A&A*, **501**, 221
- Cardelli, J. A.; Wallerstein, G., 1986, "Visual absorption lines in dark clouds - Highly reddened stars near the center of the Ophiuchus molecular cloud", *ApJ*, **302**, 492
- Crutcher, R.M., Watson, W.D., 1976, "Detection and significance of the interstellar OH line lambda 3078.", *ApJ*, **203**, L123
- Danks, A.C., Federman, S.R., Lambert, D.L.: 1984, "The CH radical in diffuse interstellar clouds", *A&A*, **130**, 62
- Douglas, A. E.; Herzberg, G., 1941, "Note on CH<sup>+</sup> in Interstellar Space and in the Laboratory", *ApJ*, **94**, 381
- Douglas, A. E.; Morton, J. R., 1960, "An Extension of the <sup>1</sup>Π-<sup>1</sup>Σ System of CH<sup>+</sup> and the Identification of the λ 3579 Interstellar Line.", *ApJ*, **131**, 1
- Dunham, T., Jr., 1937, "Interstellar Neutral Potassium and Neutral Calcium", *PASP*, **49**, 26
- Federman, S.R., 1982 "Measurements of CH and CH<sup>+</sup> in diffuse interstellar clouds", *ApJ*, **257**, 125
- Federman, S. R.; Glassgold, A. E.; Jenkins, E. B.; Shaya, E. , 1980, "The abundance of CO in diffuse interstellar clouds - an ultraviolet survey", *ApJ*, **242**, 545
- Gerö, L., 1941, "Vervollständigung der Analyse der CH-Banden", *Zeitschrift für Physik*, **118**, 27
- Gredel, R.; van Dishoeck, E. F.; Black, J. H., 1993, "The abundance of CH<sup>+</sup> in translucent molecular clouds - Further tests of shock models", *A&A*, **269**, 477
- Gredel, R.; Carpentier, Y.; Rouillé, G.; Steglich, M.; Huisken, F.; Henning, Th., 2011, "Abundances of PAHs in the ISM: confronting observations with experimental results", *A&A*, **530**, 26
- Hartmann, J., 1904, "Investigations on the spectrum and orbit of delta Orionis", *ApJ*, **19**, 268
- Heger, M.L., 1919, "Stationary Sodium Lines in Spectroscopic Binaries", *PASP*, **31**, 304
- Heger, M.L., 1922, "Further study of the sodium lines in class B stars", *Lick Observatory bulletin*, **10**, 141
- Herbig G.H., 1968, "The Interstellar Line Spectrum of Zeta Ophiuchi", *Zeitschrift für Astrophysik*, **68**, 243
- Herbig G.H., 1975, "The diffuse interstellar bands. IV - The region 4400-6850 Å", *ApJ*, **196**, 129
- Herbig, G. H., Soderblom, D.R., 1982, "The diffuse interstellar bands. V - High-resolution observations", *ApJ*, **252**, 610
- Herzberg, Gerard, "Molecular spectra and molecular structure. Vol.1: Spectra of diatomic molecules", New York: Van Nostrand Reinhold, (1950)

- Hobbs i in. 2008, "A Catalog of Diffuse Interstellar Bands in the Spectrum of HD 204827", *ApJ*, **680**, 1256
- Hobbs i in. 2009, "A Studies of the Diffuse Interstellar Bands. III. HD 183143", *ApJ*, **705**, 32
- Kaźmierczak, M.; Schmidt, M.; Weselak, T.; Galazutdinov, G.; Krełowski, J., 2014 "C<sub>2</sub> and Diffuse Interstellar Bands", The Diffuse Interstellar Bands, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 297, s. 121-124 [K3]
- Krełowski, J., Westerlund, B.E., 1988, "High-resolution profiles of diffuse interstellar bands as functions of the structure of the interstellar medium", *A&A*, **190**, 339
- Krełowski, J., Ehrenfreund, P., Foing, B.H., Weselak, T., Tuairisg, S.O, Galazutdinov, G.A., Musaev, F.A., 1999, "On the relation between diffuse interstellar bands and simple molecular species", *A&A*, **347**, 235-242 [P3]
- Krełowski, J.; Beletsky, Y.; Galazutdinov, G. A., 2010, "Hydroxyl Cation in Translucent Interstellar Clouds", *ApJ*, **719**, L20
- Lambert, D. L., Sheffer, Y., & Federman, S. R., 1995, "Hubble Space Telescope observations of C<sub>2</sub> molecules in diffuse interstellar clouds", *ApJ*, **438**, 740
- Larsson M., Siegbahn P.E.M., 1983, „A theoretical study of the radiative lifetime of the CH A<sup>2</sup>Δ state", *The Journal of Chemical Physics*, **76**, 175
- Larsson, Mats; Siegbahn, Per E. M., 1983, "The radiative lifetime of the A<sup>1</sup>Π state of CH<sup>+</sup> calculated from long CAS SCF expansions", *Chemical Physics*, **76**, 175
- Lien, D.J.: 1984, „A reanalysis of the interstellar CH abundance“, *ApJ*, **284**, 578
- Liszt, H., Lucas, R., 2002, "Comparative chemistry of diffuse clouds. IV: CH", *A&A*, **391**, 693
- McKellar, A.: 1940a, "Evidence for the Molecular Origin of Some Hitherto Unidentified Interstellar Lines“, *PASP*, **52**, 187
- McKellar McKellar, A.: 1940b, "Wave Lengths of the CH Band Lines", *PASP*, **52**, 312
- Megier, A., Krełowski, J., Weselak, T., 2005, „Correlation patterns between 11 diffuse interstellar bands and ultraviolet extinction“, *MNRAS*, **358**, 563 [P6]
- Megier, A.; Strobel, A.; Bondar, A.; Musaev, F. A.; Han, Inwoo; Krełowski, J.; Galazutdinov, G. A., 2005, "Interstellar Ca II Line Intensities and the Distances of the OB stars", *ApJ*, **634**, 451
- Meyer, D.M.: 1990, "High S/N CCD spectroscopy of interstellar absorption lines", *ASPC*, **8**, 345
- Meyer, David M.; Roth, Katherine C, 1991, "Discovery of interstellar NH", *ApJ*, **376**, L49
- Savage, B. D.; Bohlin, R. C.; Drake, J. F.; Budich, W, 1977, "A survey of interstellar molecular hydrogen. I", *ApJ*, **216**, 291
- Schmidt, M. R.; Krełowski, J.; Weselak, T.; Galazutdinov, G. A., 2013, "CN (3,0) red system features in interstellar translucent clouds", *MNRAS*, **431**, 1795 [P7]
- Snow, T. P.; McCall, B. J., 2006, "Diffuse Atomic and Molecular Clouds", *ARA&A*, **44**, 367
- Swings R., Rosenfeld, L., 1937, "Considerations Regarding Interstellar Molecules", *ApJ*, **86**, 483
- van Dishoeck, E.F., & Black, J.H.: 1986, "Comprehensive models of diffuse interstellar clouds - Physical conditions and molecular abundances", *ApJ*, **62**, 109

- Weselak, T., Schmidt, M., Krelowski, J., 2000, "A new survey of diffuse interstellar bands (5650 – 6865 Å)", *AAS*, **142**, 239 [P1]
- Weselak, T., 2000, Proc. 33<sup>rd</sup> ESLAB Symp., "Star formation from the small to the large scale", F. Favata, A.A. Kaas & A. Wilson eds. s. 555 [K1]
- Weselak, T., Fulara, J., Schmidt, M., Krelowski, J., 2001, "A possible set of diffuse bands originating at the same carrier", *A&A*, **377**, 677 [P2]
- Weselak, T., Galazutdinov, G. A., Musaev, F., Krelowski, J., 2004, "On the relation between diffuse bands and H<sub>2</sub>, CH, CO molecules", *A&A*, **414**, 949 [H1]
- Weselak, T., Krelowski, J., in: *Molecules in Space & Laboratory*, J.L., meeting held in Paris, France, 14-19 May 2007, Lemaire & F. Combes (eds), s. 41 [K2]
- Weselak, T., Galazutdinov, G. A., Musaev, F., Krelowski, J., 2008, *A&A*, . "Relation between CH cation and neutral/molecular hydrogen", **479**, 149 [H2]
- Weselak, T., Galazutdinov, G. A., Musaev, F., Krelowski, J., 2008, *A&A*, "The relation between CH and CN molecules and carriers of 5780 and 5797 diffuse interstellar bands", **484**, 381 [P4]
- Weselak, T.; Galazutdinov, G.A, Musaev, FA, Krelowski, J., 2009, ., "Observational test of the CH cation oscillator strengths", *A&A*, **495**, 189 [H6]
- Weselak, T., Galazutdinov, G.A, Beletsky, Y, Krelowski, J., 2009, ., "The relation between interstellar OH and other simple molecules", *A&A* **499**, 783 [H3]
- Weselak, T., Galazutdinov, G.A, Beletsky, Y, Krelowski, J., 2009, ., "Interstellar NH molecule in translucent sightlines", *MNRAS*, **400**, 392 [H4]
- Weselak, T., Galazutdinov, G.A, Han, I, Krelowski, J., 2010, "Doppler splitting in diffuse interstellar bands", *MNRAS*, **401**, 1308 [P5]
- Weselak, T., Galazutdinov, G.A, Beletsky, Y; Krelowski, J., 2010, "The relation between column densities of interstellar OH and CH molecules", *MNRAS*, **402**, 1991 [H5]
- Weselak, T., Galazutdinov, G.A, Beletsky, Y; Krelowski, J., 2011, ., "On the CH B-X (1, 0) band in translucent clouds", *Astron. Nachr.*, **332**, 167 [H7]
- Weselak, T., 2012, "Heteronuclear diatomics in diffuse and translucent clouds", Nova Science Publishers in: "Interstellar Medium: New Research", Editors: Brian M. Cancellieri and Vladimir G. Mamedov, s. 25-38 [M1]
- Weselak, T., Krelowski, J., 2014, "Spatial Correlations of Selected DIBs to the CH and CH<sup>+</sup> Molecules", *The Diffuse Interstellar Bands, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 297*, s. 128-131 [K4]
- Weselak, T., Galazutdinov, G.A; Gnaciński, P.; Krelowski, J., 2014, "Consistent system of oscillator strengths of A<sup>2</sup>Δ – X<sup>2</sup>Π (0, 0) and B<sup>2</sup>Σ<sup>-</sup> – X<sup>2</sup>Π (0, 0) bands of CH molecule", *Acta Astronomica*, **64**, 277-292 [H8]