

Astronomia

Wykład V

Wykład dla studentów geografii

Waldemar Ogłóza

www.as.up.krakow.pl

> dla studentów



Badania Układu Słonecznego

- Badania bezpośrednie (np.: sondy kosmiczne, meteoryty itp.)
- Obserwacje form krajobrazu (budowa i ilość kraterów, wylewy magmy itp.)
- Metody porównawcze pomiędzy poszczególnymi ciałami w naszym układzie jak i z układami wokół innych gwiazd

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

2

Krater – el Diablo w Arizonie

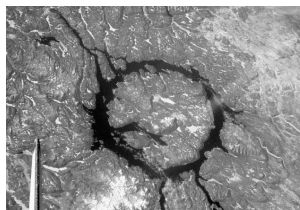


W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

3

Kraterzy:

Manicouagan
Tswaing
Wolf Creek

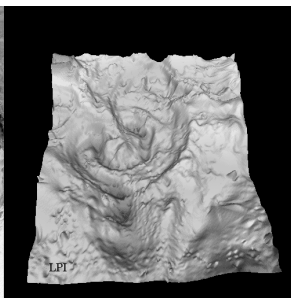
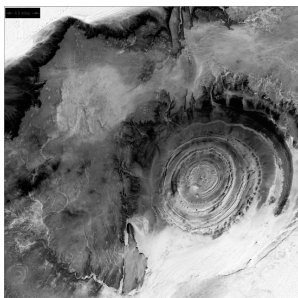


4

Koliste struktury:

Struktura Richat na Saharze, średnica 50 km, dobrze widoczna z kosmosu

Chicxulub: krater z przed 65 mln lat, odpowiedzialny za warstwę irydu (przejście K-T) i być może zagładę dinozaurów. (średnica 20km)

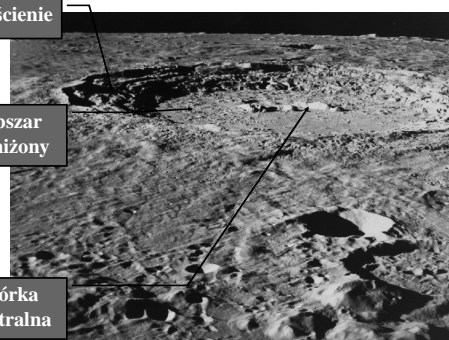


5

Pierścienie

Obszar obniżony

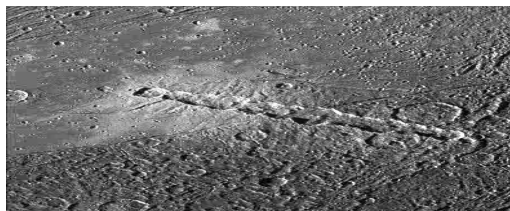
Górka centralna



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

6

Kraterzy łańcuchowe

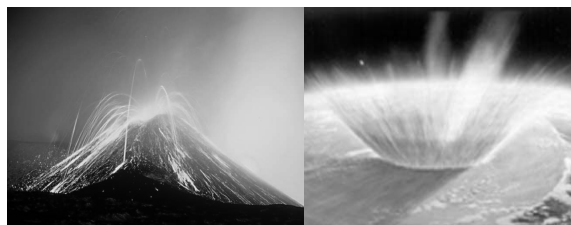


Utworzone przez opadającą materię, wyrzuconą w chwili upadku wielkich meteorytów

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

7

Pochodzenie kraterów: wulkany lub meteoryty



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

8

Wulkanizm

Czas aktywności wulkanicznej zależy od masy ciała centralnego

- Planetoidy wystygły 4.4 mld lat temu
- Księżyc 2.8
- Mars 1.1
- Ziemia i Wenus – aktywne do chwili obecnej

WYJATKI: Niektóre małe ciała (Io, Tryton) są nadal aktywne ze względu na procesy podgrzewania podgrzewania.

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

9

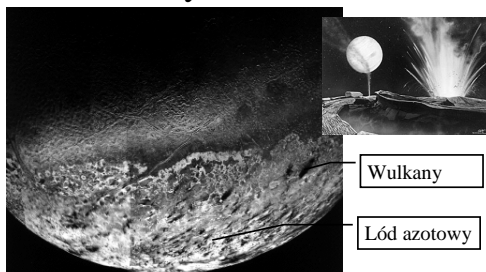


Podgrzewanie przez wyginanie skorupy Io na skutek efektów pływowych. Silna aktywność wulkaniczna (siarka!)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

10

Tryton



Wulkany powstałe na skutek silnego ogrzewania zmrożonych stref polanych.

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

11

Meteoryty:

Np.: Morasko



Meteoryty:



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

13

Rodzaje meteorytów

Kamiennie (92%) :
Chondryty 84%
Achondryty 8%

Żelazne (7%)

Kamienno-żelazne (1%)

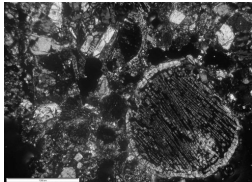
Najłatwiej rozpoznać żelazne i ich znamy
najwięcej!!



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

14

Chondryty



Najczęściej spadający rodzaj meteorytów na Ziemię. Składają się one z *chondr* (małe ziarna materii krzemianowej najczęściej o kształcie kulistym) i matrycy, czyli materii spajającej chondry. Masa chondr to nawet 75% masy meteorytu



Chondryty składają się z:
• **piroksenów** - $(Mg,Fe)Si_2O_6$
• **oliwinu** - $(Mg,Fe)_2SiO_4$
oraz plagioklazów pochodzących od:
• **albitu** - $Na[AlSi_3O_8]$
• **anortytu** - $Ca[Al_2Si_2O_8]$

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

15

Achondryty

Skład chemiczny odpowiada skałom magmowym: gabbro i bazalt. Składają się one głównie z piroksenów, oliwinów, plagioklazów i augitu $(Mg,Fe)_2[(Si,Al)_2O_6]$.



Achondryty ubogie w wapń do 5% CaO,
aubryty - achondryty enstatytowe
diogenity - achondryty hiperstenowe
chassignity - achondryty oliwinowe
urelity - achondryty oliwinowo-pigeonitowe



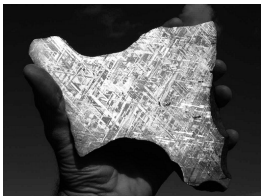
Achondryty bogate to 5-25% CaO.
angryty - achondryty augitowe
nakhity - achondryty diopsytowo-oliwinowe
eukryty - achondryty piroksenowo-oliwinowe
howardyty - achondryty piroksenowo-oliwinowe
shergottity

brahinity - achondryty oliwinowe
Inne achondryty:
acapulcoity, księżycowe, lodranity, winonaity

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

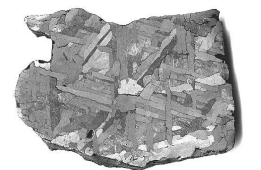
16

Meteoryty żelazne



Składają się z dwóch minerałów (stopów Fe-Ni): **kamacytu** (Ni < 7,5%) i **taenitu** (Ni > 7,5%)

heksaedryty - kamacyt w postaci dużych kryształów - heksaedrów. Na przekrojach widoczne są równoległe linie Neumanna, które są efektem wysokociśnieniowej metamorfozy. 5-6% Ni.



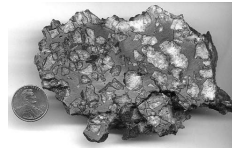
oktaedryty - kamacyt i taenit. 6-14% Ni. Belki kamacytu i płytki taenitu tworzą równoległe ściany kryształu oktaedru. Wolne przestrzenie wypełnia plessyt, czyli zrosty żelaza i niklu. Na powierzchni przekroju widać figury Widmanstattena u.

ataksyty - taenit, powyżej 20% Ni. Niskia zawartość niklu z plessytu.

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

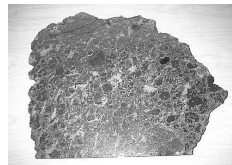
17

Meteoryty żelazno-kamienne



pallasyty - składają się z kamacytowo-taenitowej "gąbki" zalanej oliwinami

mezosyderity - zbudowane są z masy krzemianowej i wtrąconych ziaren, zrostów żelaza - niklowych



syderofiry - rzadki typ! - skały magmowe złożone z kryształów piroksenu osadzonych w cieście skalnym z kamacytu i taenitu

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

18

Ewolucja Układu Słonecznego

1. Kolaps grawitacyjny pierwotnego obłoku gazowo-pyłowego
2. W centrum tworzy się protogwiazda czyli przodek Słońca
3. Łączenie się ziaren pyłowych pod wpływem grawitacji w coraz większe struktury
4. Tworzenie się planet (Zderzenia i łączenie się planetyzymali)
5. Oczyszczanie wewnętrznych regionów Układu Słonecznego:
- „wielkie bombardowanie”,
- wyrzucanie ciał poprzez mechanizm „procy grawitacyjnej”
tworzenie się obłoku Oorta
6. Zmiany w pierwotnej budowie poszczególnych ciał
(ogrzewanie, stratyfikacja grawitacyjna, parowanie ...)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

19

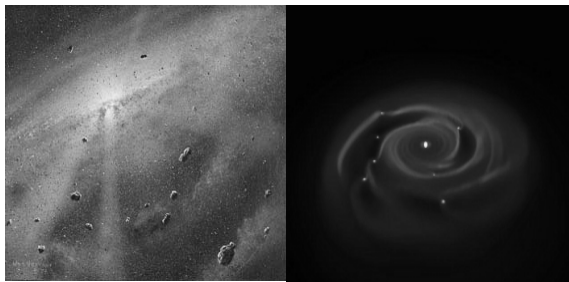
„Obcy” ksenon!

- W chondrulach znaleziono małe ziarna zbudowane z diamentów lub węglika krzemu. Świadczą o tym, że pierwiastki cięższe od helu zostały wyprodukowane we wnętrzu kilkanastu gwiazd starszych od Słońca
- W ziarnach tych więziony jest ksenon o unikalnym (identycznym dla różnych ziaren) składzie izotopowym (ksenon-HL), świadczy to o jednorazowym sprężeniu pierwotnej mgławicy przez wybuch gwiazdy supernowej.
- Te małe ziarenka zanieczyszczone ksenonem stanowią relik z czasów przed uformowaniem się Protosłońca

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

20

Model rozwoju Układu Słonecznego. Mgławica pierwotna – początki kondensacji planet

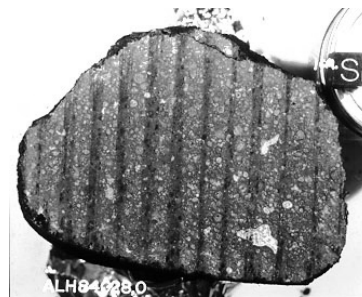


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

21

Chondryt węglisty

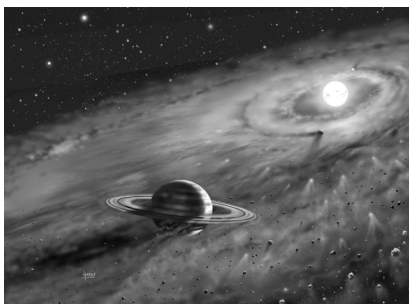
skład chemiczny dokładnie taki jak Słońca (oprócz gazów)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

22

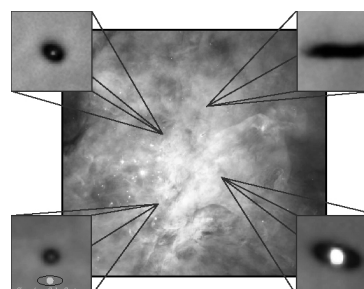
Mgławica pierwotna – wizja artysty formowanie się planetyzymali pod wpływem sił grawitacji



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

23

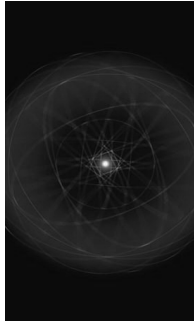
Dyski protoplanetarne wokół innych gwiazd - obserwacje M42 w Orionie



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

24

Oczyszczanie wnętrza Układu Słonecznego

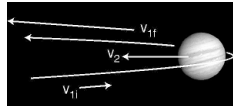


Im bliżej Słońca tym szybciej krążą ciała i tym szybsza dynamiczna skala czasu.

Większość planetyzymali bądź połączyła się tworząc planety, bądź została wyrzucona na bardzo rozległe orbity.

Odrzucanie odbywało się dzięki „gravitacyjnej procy” czyli przyspieszeniu jakie doznaje obiekt przy bliskim przejściu w pobliżu dużej masy. ($V_{1f} > V_{1i}$)

Odrzucone ciała tworzą tzw obłok Oorta będący rezerwuarem komet.



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

25

Układ Słoneczny dziś

Planety (okrągłe orbity, dominacja grawitacyjna, małe nachylenia orbit):
Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran, Neptun



Strefa ciepła:
obiekty kamienne

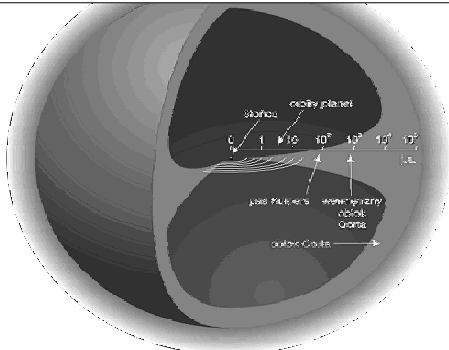
Strefa zimna: obiekty gazowe i lodowe

Planety karłowate (ich masa była wystarczająca do uzyskania kulistego kształtu):
Ceres, Pluton, Eris (dawniej Xena)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

26

Elementy składowe Układu Słonecznego

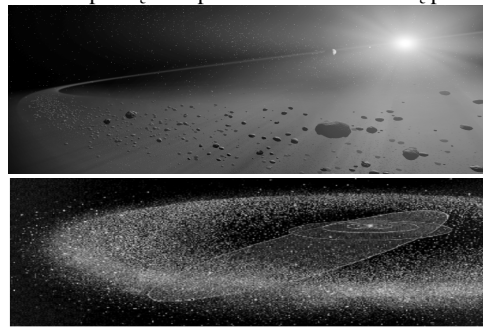


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

27

Pas Kuipera – wizja artysty

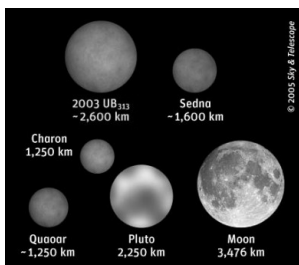
relikt z początków procesu formowania się planet



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

28

Obiekty pasa Kuipera



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

29

Wiek ciał Układu Słonecznego

- Najstarsze skały na Ziemi 3.9 mld lat
- Ziarna cyrkonu (4.2) w „młodszych” skałach 3.6
- Chondryty 4.5
- Słońce 4.5 - 5 mld lat

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

30

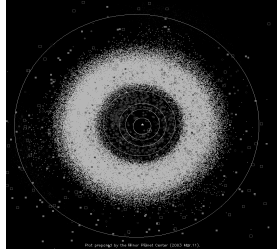
Planetoidy

•Wewnątrz dysku planetyzały uformowały planety

•Pas planetoid – wpływ grawitacji Jowisza i Saturna uniemożliwił powstanie planety pomiędzy Marsem i Jowiszem

•Zewnętrzne fragmenty dysku nadal istnieją (pas Kuipera)

•Część drobnych ciał została wyrzucona na odległe orbity tworząc obłok Oorta



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

31

Rodzaje planetoid

- Zależność od masy. (przetapianie wnętrza przy dostatecznym ciśnieniu)
- Zależność od historii kolizji. (procesy sklejania, rozbijania)
- Zależność od odległości od Słońca. (ogrzewanie, dynamiczna skala czasowa dysku, itp.)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

32

Mirinda

ciało zostało rozbite i ponownie się uformowało z wymieszanych fragmentów



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

33

Gaspra

planetoida „strefy ciepłej”

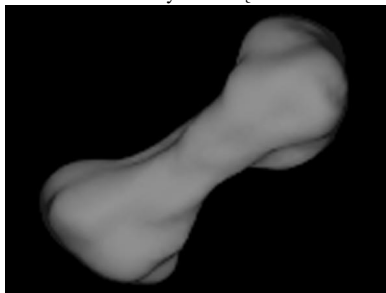


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

34

216 Kleopatra

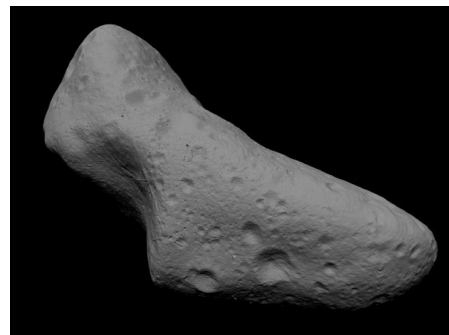
Planetoida typu „psia kość” dowodzi możliwości łączenia się ciał małych w większe



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

35

Eros

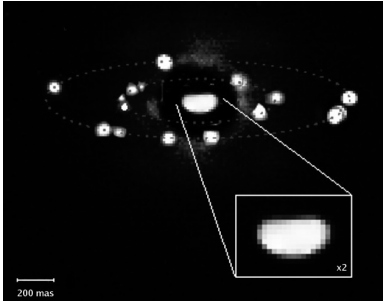


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

36

Sylwia, Romulus i Remus

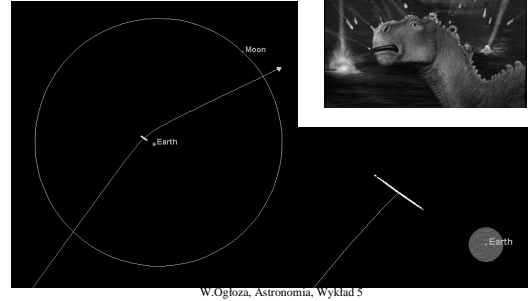
Pomimo małej masy planetoidy mogą mieć księżyce!
Zwiększa to szanse na połączenie się ciał



37

Czy planetoridy zagrażają Ziemi?

Spotkanie z 2004MN w roku 2025

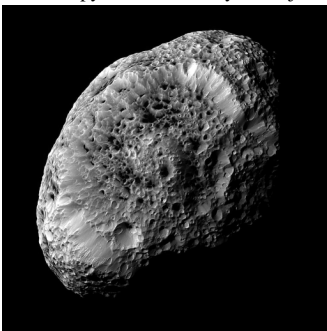


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

38

Hyperion

lodowo-pyłowe ciała strefy zimnej



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

39

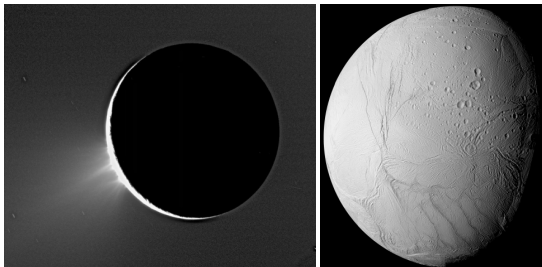
Itokawa



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

40

Enceladus



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

41

Komety: mieszanka lodu i pyłu parują zbliżając się do Słońca !

Komety poruszają się po orbitach eliptycznych

Zbliżając się do Słońca lód paruje tworząc otoczkę (głowe) komety

Warkocz komety to efekt oddziaływania głowy komety z promieniowaniem korpuskularnym Słońca (wiatr słoneczny) oraz z fotonami (zjawisko ciśnienia światła)

W przybliżeniu warkocze komet skierowane są zawsze w kierunku odslonecznym



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

42

Komety:

Jądro komety Halley'a (1986)

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

Model komety krótkookresowej

Ogrzewanie od Słońca powoduje parowanie lodu i unoszenie się pyłu (głowa)
Wiatr słoneczny (promieniowanie korpuskularne Słońca) i ciśnienie światła formują warkocz komety.

Skorupa pyłowa ogranicza parowanie do rejonów szczelin i pęknięć tworząc gejzery

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

44

Granica Układu Słonecznego

Strefa zderzenia wiatru Słonecznego z ośrodkiem międzygwiazdowym, leży w odległości ~80AU, lecą ku niej sondy kosmiczne

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

45

Obłok Oorta wokół β Pictoris

Solar System to Scale

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

46

Meteoroidy - drobne ciała pyłowe

Pochodzenie meteoroidów:

- Mgławica pierwotna (zlepianie się pyłów)
- pas planetoid (zderzeniowe rozbijanie podczas kolizji, np., Meteoroidy żelazne pochodzą z przetopionego wnętrza dużego ciała w którym ciężkie żelazo uformowało jądro)
- Komety (pyły, uniesione przez parujący lód, obłoki pozostawione przez komety tworzą roje meteorów)
- Mars, Księżyc (materia wyrzucona w przestrzeń podczas upadku dużych meteorów na te ciała)

Meteoroidy można obserwować pod postaciami:

- **Meteorów** gdy wpadają w atmosferę Ziemi jonizując powietrze
- **Meteoroidów** jeśli spadną na Ziemię
- Światła zodiakalne tj. światła słonecznego rozproszonego na pyłach skoncentrowanych w płaszczyźnie ekliptyki (zodiaku)

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

47

Światło zodiakalne

Wewnętrzne rejony układu zostały opróżnione z dużych ciał w epoce „wielkich bombardowań” lecz nadal występuje tu pył (meteoroidy)

Światło zodiakalne: rozproszone na drobnych pyłkach

Widac je po zachodzie i przed wschodem Słońca (czyli „pod światło” tak jak brud na szybie)

Pył koncentruje się w płaszczyźnie ekliptyki czyli na tle gwiazdozbiorów Zodiaku

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

48

Meteory rojowe

Widać je gdy Ziemia przechodzi przez chmurę pyłów pozostawionych przez jakąś komety

Np.:
Perseidy
Leonidy



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

49

Meteoryty SNC zagadka ich pochodzenia!

Shergottyty, Naklity, Chassignyty
(nazwa od miejsca spadku na Ziemię)
wiek 1.3 - 0.2 mld
datowane na podstawie zawartości argonu

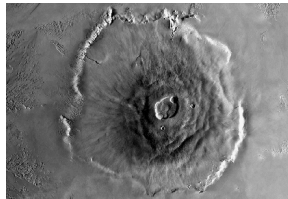
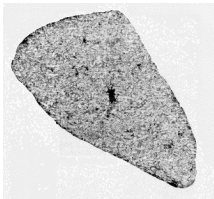
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

50

SNC - bazaltowe kumulanty!

Shergottyt

Olympus Mons



W meteorytach SNC ciężkie kryształy opadały na dno zbiornika roztopionej magmy! Tylko na Marsie istniały odpowiednie warunki około 1.3 mld lat temu!

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

51

Baseny uderzeniowe

Relikt epoki „wielkich bombardowań”
(Oczyszczenie wnętrza układu z
większości protoplanet)

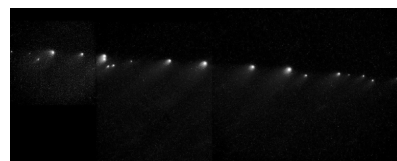


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

53

Jowisz

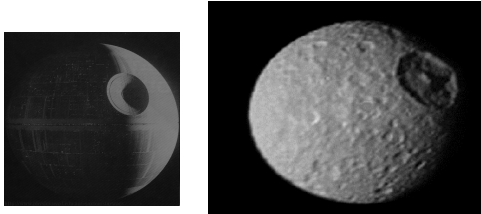
Ślady upadku komety
Levy-Shoemaker



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

54

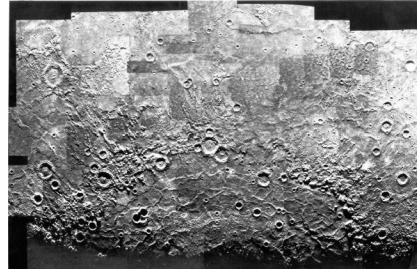
Mimas



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

55

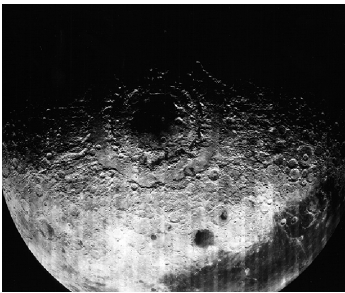
Basen Caloris na Merkurym



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

56

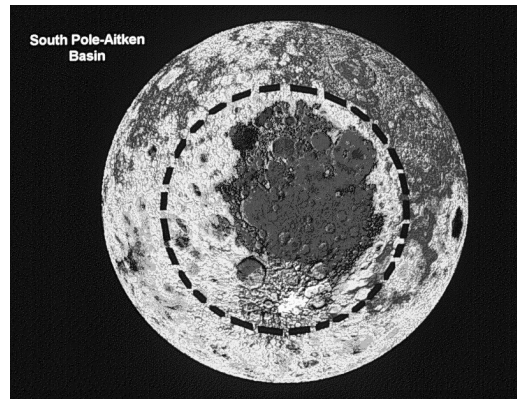
Mare Orientale na Księżycu



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

57

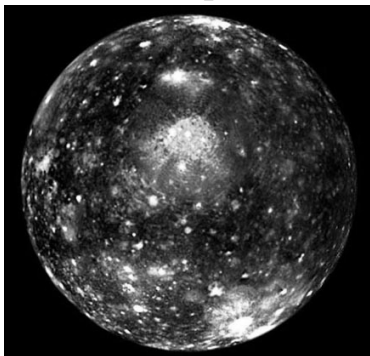
South Pole-Aitken Basin



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

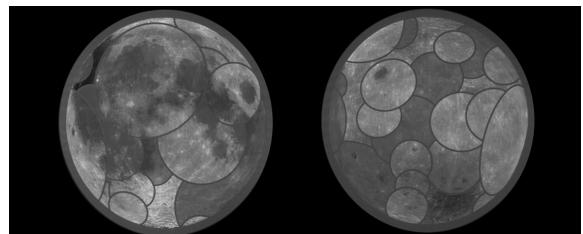
58

Valhalla – 25 pierścieni!



59

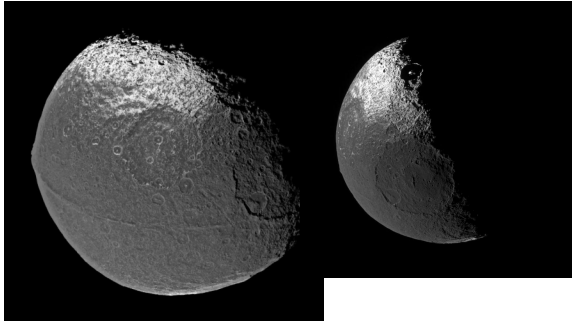
Baseny na Księżycu



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

60

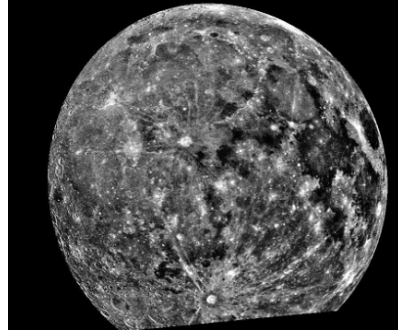
Japetus



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

61

Księżyc



Historia Księżyca - stratygrafia

- Pierwotny ocean magmy (~10 km głębokości)
- Lekkie skalenie (anortozyt) na powierzchni i ciężkie oliwiny i pirokseny na dnie

- era prenektaryjska	4.5 mld lat
- era nektaryjska	3.9
- era imbryjska-procellaryjska	3.8-3.2
- era eratostenesowska	
- era kopernikowska	1.1

W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

63

Eratostenes

widać starą skorupę częściowo pokrytą nowym wylewem magmy (mała ilość kraterów)



W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

64

Tycho, Kopernik

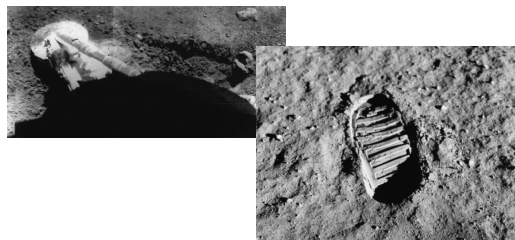
Najmłodsze z wielkich kraterów, jasne smugi materii wyrzuconej podczas uderzenia nie zdążyły ulec erozji



65

Regolit

– produkt erozji księżycowej

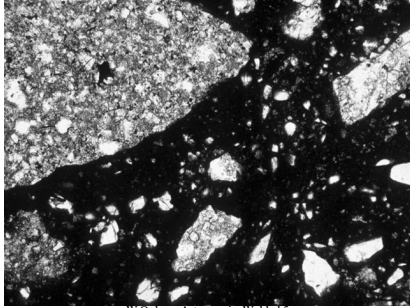


W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

66

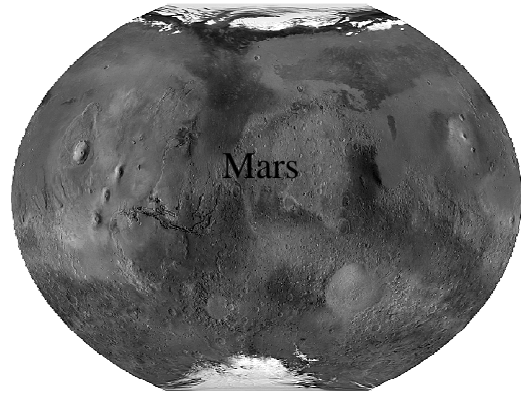
Brekcje

- zlepiony regolit księżycowy obecny w meteorytach które dotarły na Ziemię wyrzucone z Księżyca

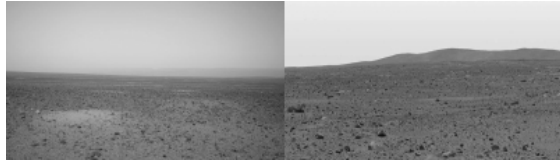


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

67



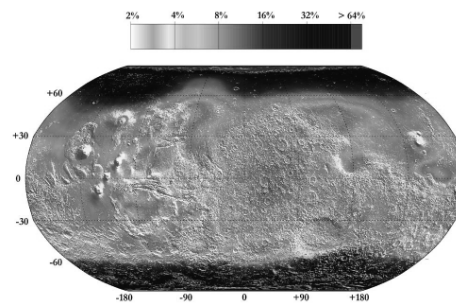
Woda na Marsie ?



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

69

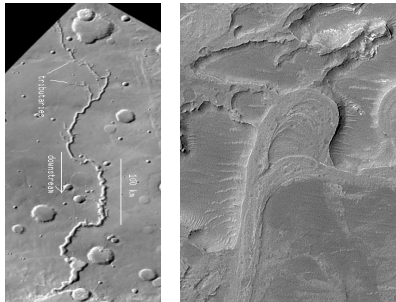
Emisja neutronowa



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

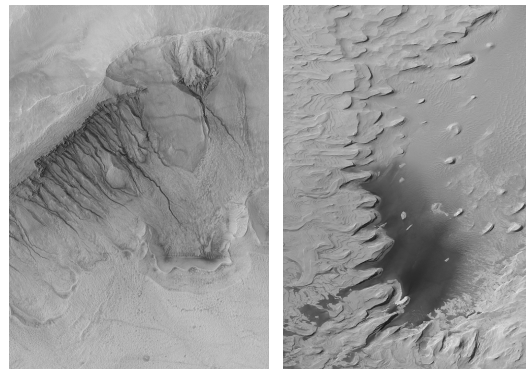
70

Spływy opadowe, zapadliska



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

71



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

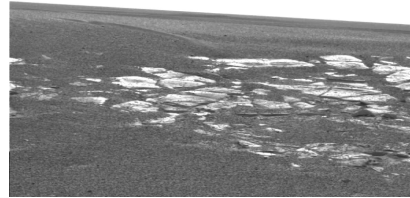
72



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

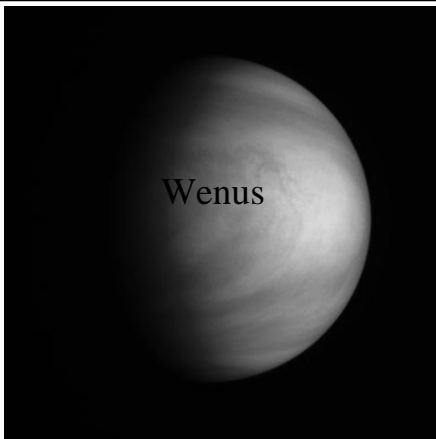
73

Skąły osadowe



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

74



Wenus

Wenus

- Wulkanizm nadal aktywny
- Skorupa ma tylko 800 mln lat
- Brak płyt kontynentalnych
- Brak małych kraterów
- Skorupa ciągle plastyczna (pajęczaki, pączki...)
- Wiatry wiejące ku równikowi (praktycznie brak siły Coriolisa)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

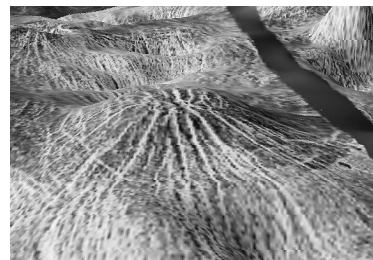
76

Wenus – obrazy radarowe



77

Radarowy obraz z sondy Magellan



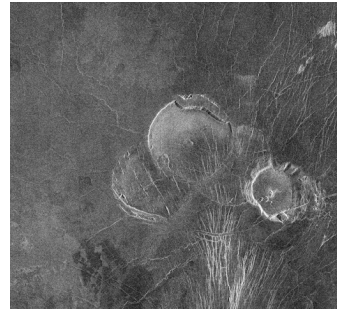
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

78



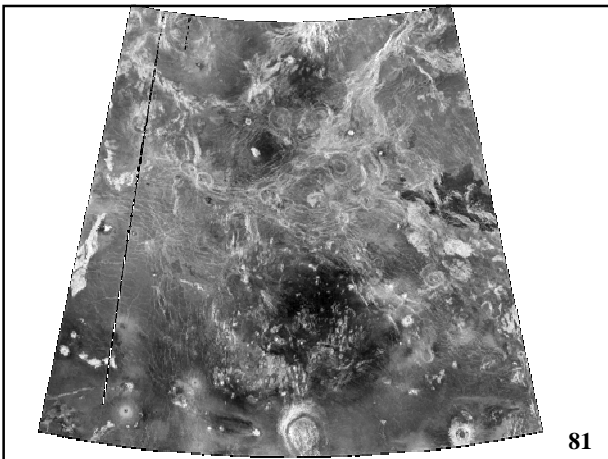
79

Pączki - gorące plamy?



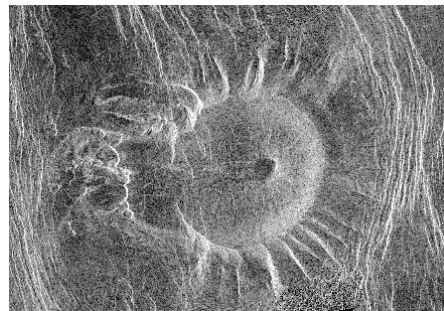
W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

80



81

Pajęczaki

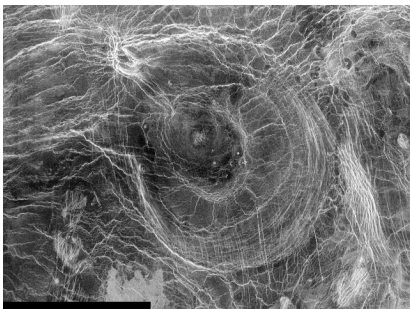


W.Ogłóza, Astronomia, Wykład 5

82

Pajęczaki

(gorące punkty podobne do przypadku wysp hawajskich)

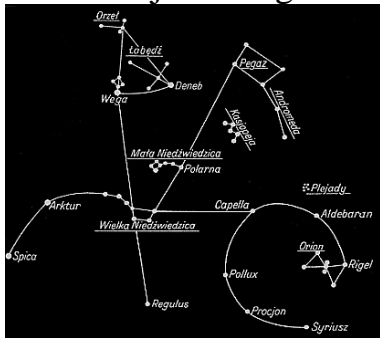


83

Kosmiczne zoo

Przewodnik po różnych rodzajach
ciał niebieskich

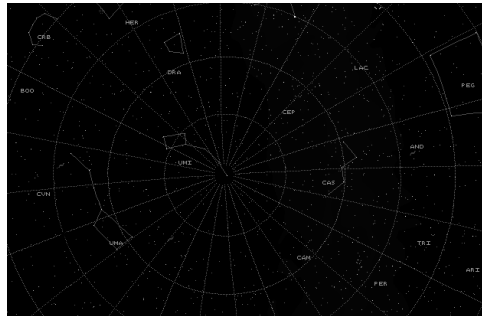
Wielki Wóz jako drogowskaz



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

85

Gwiazdozbiory okołobiegunowe



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

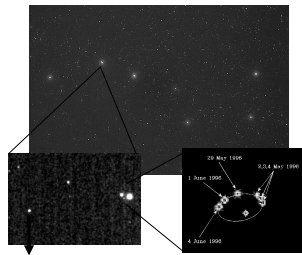
86

Wielki Wóz fragment Wielkiej Niedźwiedzicy (UMa)

Mizar i Alkor - układ
wizualnie podwójny

Mizar - para gwiazd
fizycznie podwójna (widać
zmiany położenia)

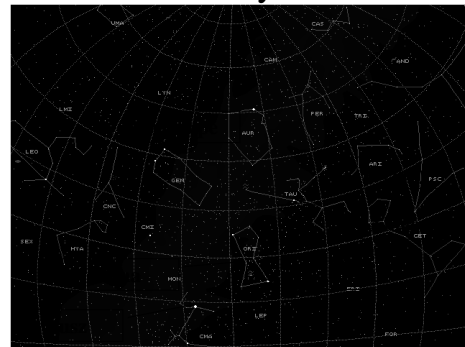
Znane są też układy
spektroskopowo-podwójne, u
których efekt Dopplera
wywołuje przesuwanie się linii
widmowych



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

87

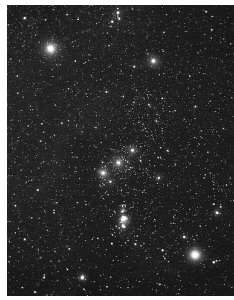
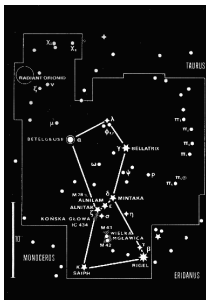
Gwiazdozbiory zimowe



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

88

Orion



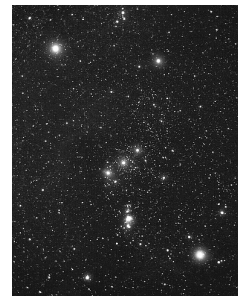
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

89

Orion

•Gwiazdy mają różne kolory
odpowiadające różnym temperaturom
ich powierzchni

•Oprócz gwiazd widać rozproszony
gaz, który świeci tylko w wąskich
liniach emisyjnych (np. linia wodoru
6565Å)

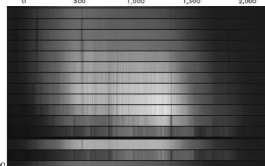
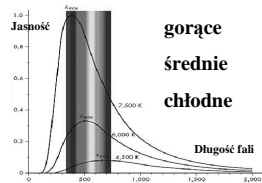


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

90

Kolory gwiazd

- Gwiazdy emitują światło o rozkładzie spektralnym zgodnym z prawem Plancka.
- Dla różnych temperatur ich powierzchni maksimum jasności wypada na różnych długościach fali
- Na ciągłe promieniowanie termiczne nałożone jest widmo absorpcyjne atmosfery gwiazdy.
- Z linii widmowych można odczytać skład chemiczny, temperaturę, prędkość radialną gwiazdy, tempo wirowania, itp



W.Ogłoz, Astrono

91

Orion w linii wodoru H-alfa

widać materię międzygwiazdową bogatą w wodór

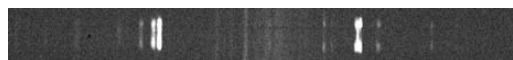
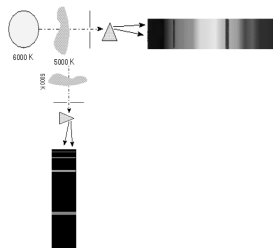


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

92

Kolory mgławic

- Obłok materii pochłania promieniowanie odpowiadające energii przejścia pomiędzy poziomami energetycznymi elektronów
- Po pewnym czasie elektrony wracają na poziom podstawowy emitując w przypadkowych kierunkach promieniowanie na określonej długości fali

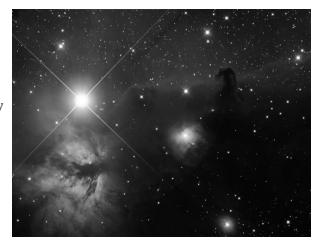


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

93

Jasne i ciemne obłoki materii

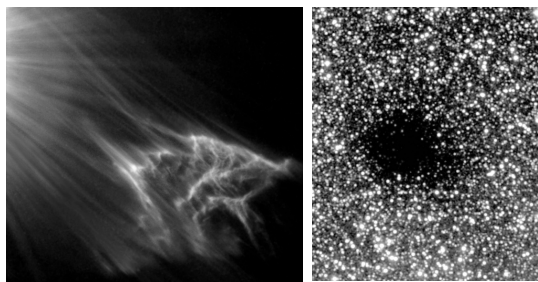
Obecność rozproszonej materii można zauważyć gdy jest ona pobudzona do świecenia przez promieniowanie pobliskich gwiazd. Mgławice takie świecą w wąskich liniach emisyjnych (np. wodorowych, tlenowych itp.)
Rozproszona materia może także pochłaniać światło przesłaniając obiekty które są za obłokiem



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

94

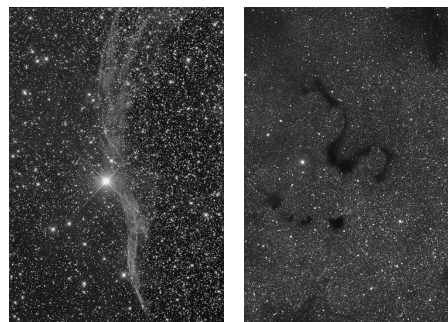
Jasne i ciemne obłoki materii



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

95

Jasne i ciemne obłoki materii



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

96

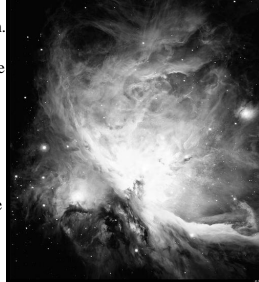
M42 - tam rodzą się gwiazdy

Gwiazdy powstają gdy siła samograwitacji obłoku gazowego zwycięży nad ciśnieniem. Jeśli masa obłoku jest większa od $0.08 M_{\odot}$ to w jego centrum rozpoczynają się reakcje termojądrowe ($4 \text{ } ^1\text{H} \rightarrow \text{}^4\text{He}$)

Duża masa pozwala na wytworzenie odpowiedniej temperatury, gęstości i ciśnienia

W obiektach o mniejszej masie nie ma stabilnych reakcji termojądrowych. Mogą one przejściowo emitować promieniowanie podczerwone innego pochodzenia:

- jowiszce – sprężanie grawitacyjne
- brązowe karły – spalanie deuteru



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

97

Plejady - młoda gromada otwarta

Gromady otwarte to skupiska gwiazd powstałych z tego samego obłoku

Zawierają 100 - 1000 gwiazd.

Są obiektami młodymi

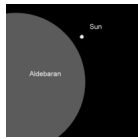
Plejady leżą w odległości 420 lat świetlnych, wiek ~80 mln lat!



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

98

Hiady i Plejady w Byku (Tau)

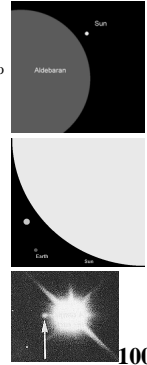


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

99

Rozmiary gwiazd

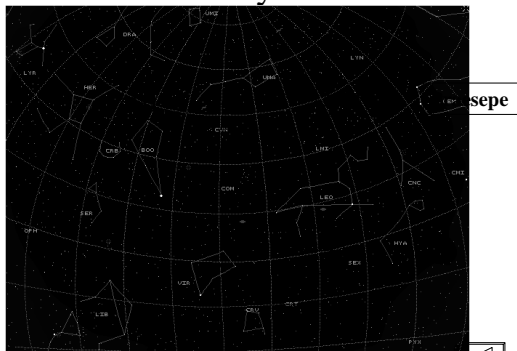
- Rozmiar gwiazdy zależy głównie od jej wieku,
- Po powstaniu gwiazdy spalają wodór i ich rozmiary są podobne do rozmiarów Słońca
- Gdy wodór się wyczerpie, wewnątrz stygnie, spada ciśnienie i gwiazda zapada się.
- Przy dostatecznej masie zaczyna zachodzić spalanie cięższych pierwiastków (np.: $3 \text{ } ^4\text{He} \rightarrow \text{}^{12}\text{C}$) W tej fazie gwiazdy mają olbrzymie rozmiary (Olbrzymy)
- Jeżeli gwiazda ma za małą masę aby rozpaść kolejne reakcje to obiekt taki kurczy się do niewielkich rozmiarów. Zwykle fazę kurczenia poprzedza odrzucenie części zewnętrznych. Zostaje gorący obiekt wielkości Ziemi który nazywamy Białym Karłem (np.: Syriusz B)
- Tempo ewolucji gwiazd zależy od ich masy,
- duża masa → duża jasność → wysokie tempo reakcji → wysoka temperatura → niebieska barwa → szybka ewolucja



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

100

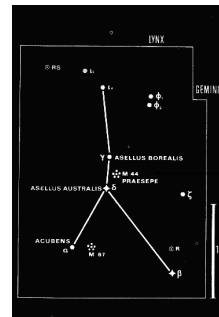
Gwiazdozbiory wiosenne



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

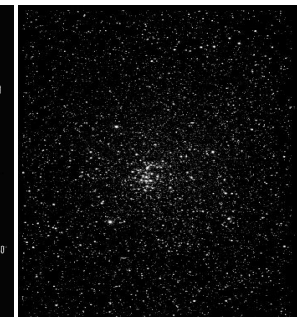
101

Praesepe w Raku (Cnc)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

102



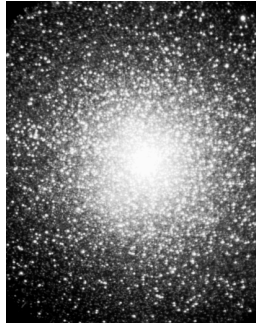
Gromady kuliste

Gromady kuliste zawierają 10^5 - 10^6 gwiazd obiegających wspólny środek masy. Średnice 6-70 pc.

Gromady te są stare (~10 mld lat) a gwiazdy zbudowane są z materii pierwotnej (79% H i 21% He)

Słońce należy do populacji gwiazd młodszych i zawiera ciężkie pierwiastki wyprodukowane w starych gwiazdach (C,O,N,Fe itp.)

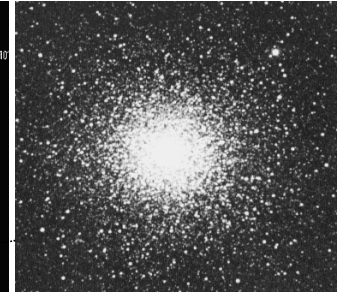
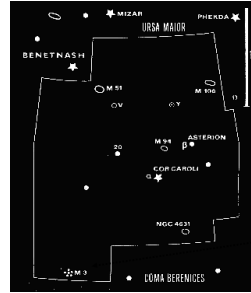
Odległość do M13 wynosi 21000 lat świetlnych



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

103

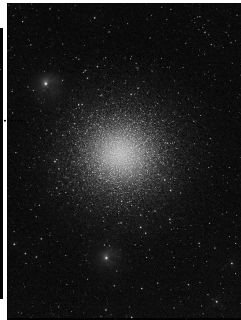
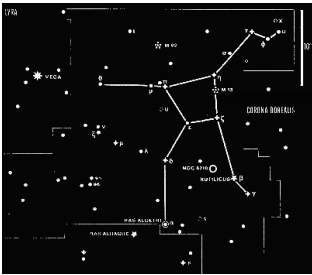
M3 w Psach Gończych (CVn)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

104

M13 w Herkulesie (Her)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

105

M51 - Galaktyka spiralna (CVn)

Galaktyki spiralne zawierają 10^{11} - 10^{12} gwiazd.

Leżą w odległościach od 0.02 do 10 mld lat świetlnych.

Charakterystyczne spiralne ramiona wychodzą z żółtego jądra.

W skład ramion wchodzi młode gwiazdy (niebieskie), oraz obłoki gazowe (czerwone) i pyłowe (ciemne włókna).

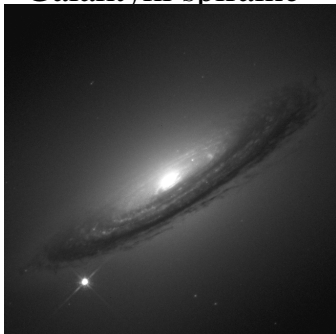
Zagęszczenie materii w ramionach ułatwia proces powstawania gwiazd



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

106

Galaktyki spiralne



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

107

Sombbrero w Pannie (Vir)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

108

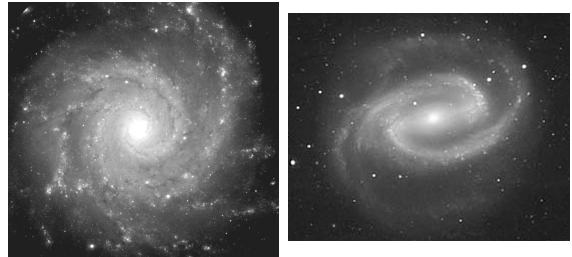
Galaktyki spiralne



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

109

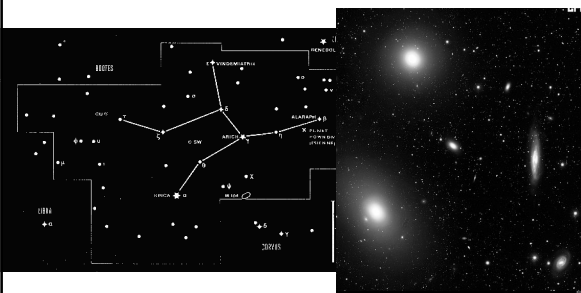
Galaktyki spiralne zwykłe i z poprzeczką



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

110

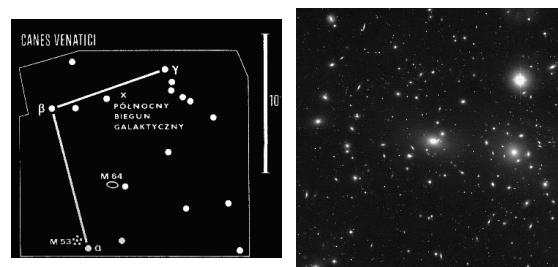
Gromada galaktyk w Pannie (Vir)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

111

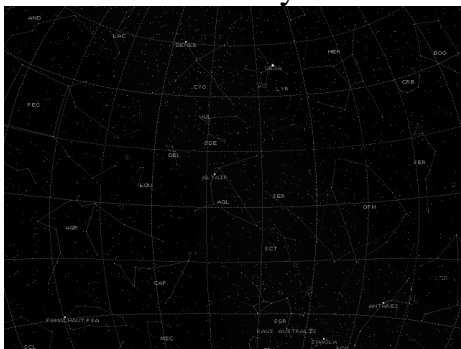
Gromada galaktyk w Warkoczu Bereniki (Com)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

112

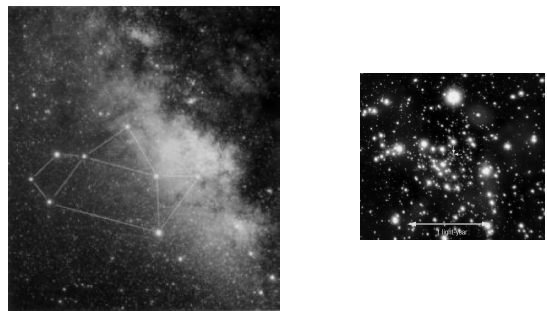
Gwiazdozbiory letnie



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

113

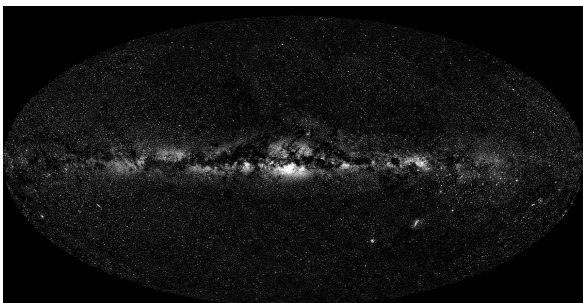
Centrum Galaktyki w Strzelcu (Sgr)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

114

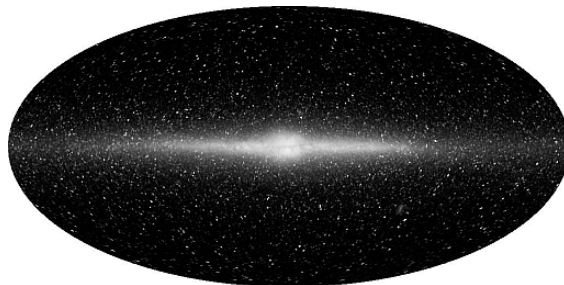
Centrum Drogi Mlecznej w Strzelcu (Sgr)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

115

Fotografia w podczerwieni

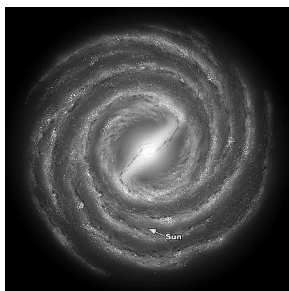


W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

116

Droga Mleczna z góry

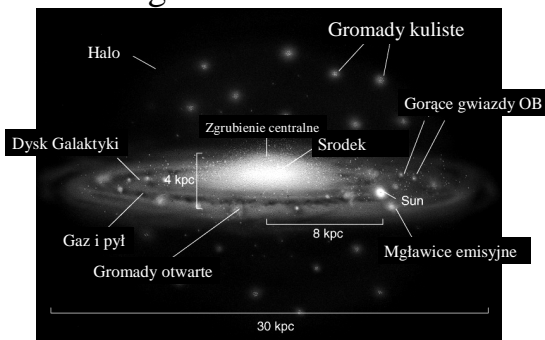
- Droga Mleczna jest jedną z miliardów znanych galaktyk spiralnych.
- Zawiera około 300 miliardów gwiazd
- Można wyróżnić jądro, poprzeczkę oraz ramiona spiralne
- Słońce należy do jednego z ramion i leży z dala od centrum Galaktyki
- Średnica naszej Galaktyki wynosi 30000kpc
- Wiek oceniamy na 10-12 mld lat



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

117

Droga Mleczna z boku



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

118

Albireo – beta Łabędzia (Cyg)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

119

M57 mgławica planetarna w Lutni (Lyr)

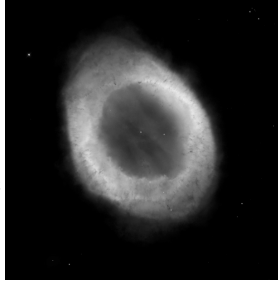
W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

120

20

M57 mgławica planetarna w Lutni (Lyr)

- Mgławice planetarne nie mają nic wspólnego z tworzeniem się planet
- Powstają w wyniku odrzucenia zewnętrznych warstw gwiazdy.
- Zostaje po nich obiekt, który był bardzo zwartym i gorącym jądrem gwiazdy (Białe karły).
- MP rozwiewają się po około 1000 lat
- Prędkość ekspansji może sięgać nawet 10-50 km/s



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

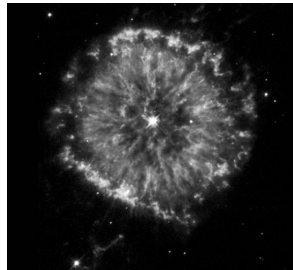
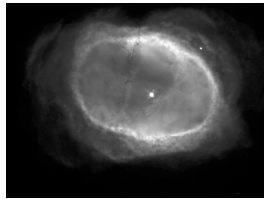
121

M27 mgławica planetarna w Lisie (Vul)



122

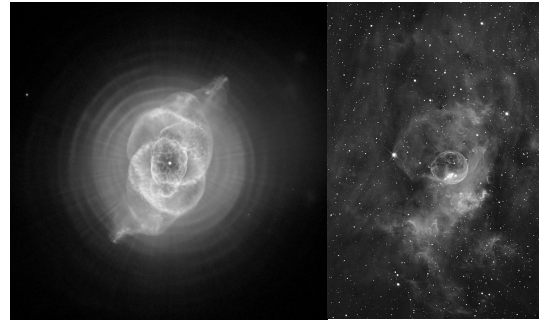
Mgławice planetarne



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

123

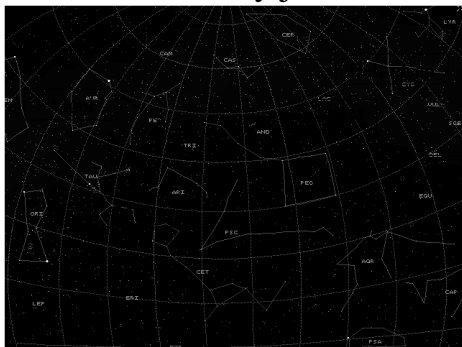
Mgławice planetarne



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

124

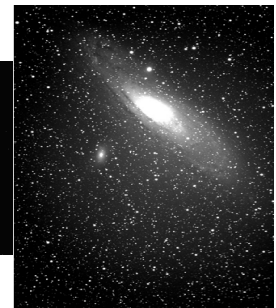
Gwiazdozbiory jesienne



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

125

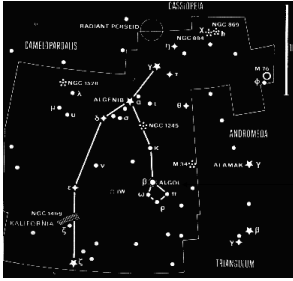
Andromeda, galaktyka M31



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

126

Algol – Beta Perseusza (Per)

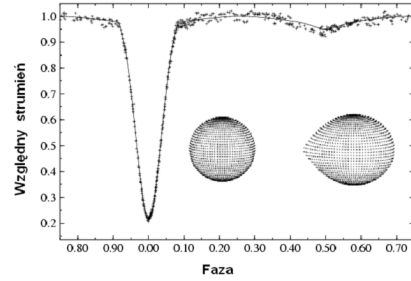


Gwiazdy zaćmieniowe są układami podwójnymi których płaszczyzna orbity jest prawie równoległa do linii patrzenia. W trakcie obiegu składniki przesłaniają się wzajemnie, co obserwujemy jako rytmiczne spadki jasności całego układu

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

127

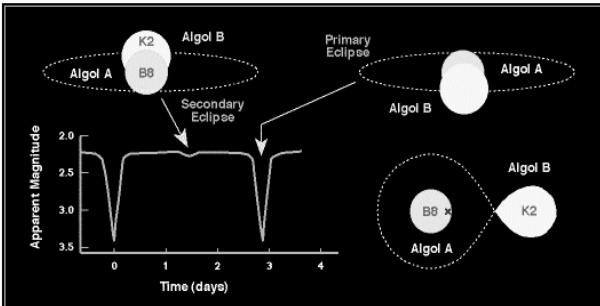
Gwiazdy zmienne zaćmieniowe



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

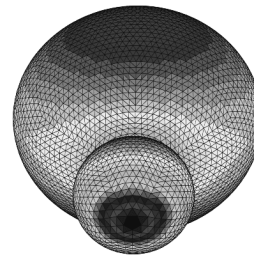
128

Gwiazdy zmienne zaćmieniowe



The Algol System

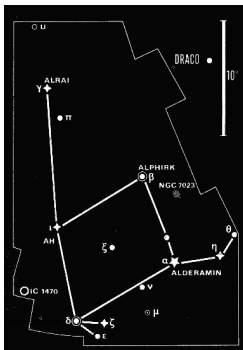
Gwiazdy zmienne zaćmieniowe



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

130

Delta w Cefeuszu (Cep)



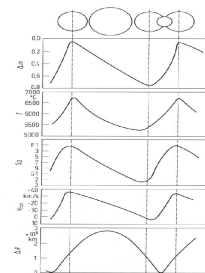
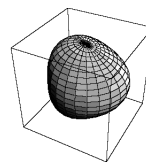
Niektóre gwiazdy oscylują wokół konfiguracji równowagi zmieniając cyklicznie swoje parametry (jasność, temperaturę promień itp.) Pojedyncze pulsacje radialne zaobserwowano dla gwiazd typu cefeid (od delta Cep) Badanie pulsacji pozwala wyznaczyć odległości do gwiazd (relacja okres – jasność absolutna) oraz badać ich wnętrza (astrosejsmologia)

za, Astronomia, Wykład 5

131

Gwiazdy pulsujące

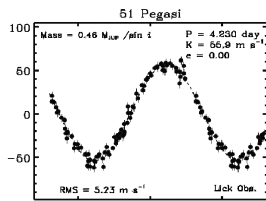
Niektóre gwiazdy pulsują na wiele sposobów jednocześnie



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

132

Gwiazda 51 w Pegazie (Peg)



Planeta odkryta przez precyzyjny pomiar prędkości macierzystej gwiazdy 51 Peg.

Gwiazda i planeta okrążają wspólny środek masy zatem gwiazda na przemian zbliża się i oddala od Ziemi

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

133

Planety poza układem słonecznym

Pierwszą planetę poza naszym układem odkrył Polak (Aleksander Wolszczan).

Obecnie znamy ponad 150 planet poza Układem Słonecznym.

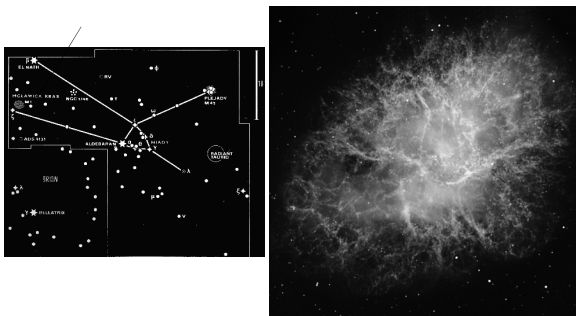
Postęp techniki obserwacyjnej pozwala na lawinowy wzrost ilości odkrywanych planet.

Dotychczasowe badania orbit planet wykazują wielką różnorodność ich parametrów (mas, rozmiarów i kształtów orbit itp.)

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

134

M1 Mgławica Krab w Byku (Tau)



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

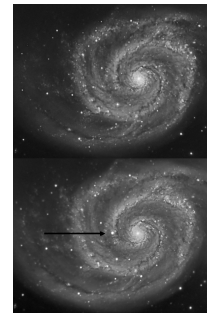
135

Supernowe – wybuchy gwiazd

Najbardziej masywne gwiazdy są w stanie spalać coraz cięższe pierwiastki (od C do Fe)

Spalanie Fe zachodzi bardzo szybko i gwałtownie rozsadzając gwiazdę w wybuchu tworząc Supernową

Po ostygnięciu zostaje rozproszona materia z gwiazdy (wzbogacenie otoczenia o ciężkie pierwiastki) i gwiazda neutronowa lub Czarna Dziura



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

136

Pulsary

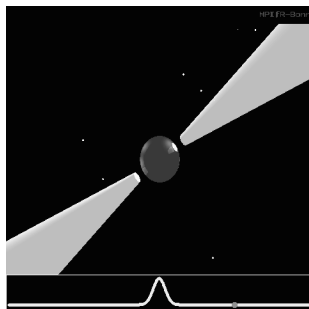
Pulsary to materia tak gęsta, że jądra atomowe i elektrony zlały się w jeden obiekt – gwiazdę neutronową.

Rozmiary: ~10 km

Masa ~2-3 10^{30} kg

Okres obrotu 0.0001 – 3 sek.

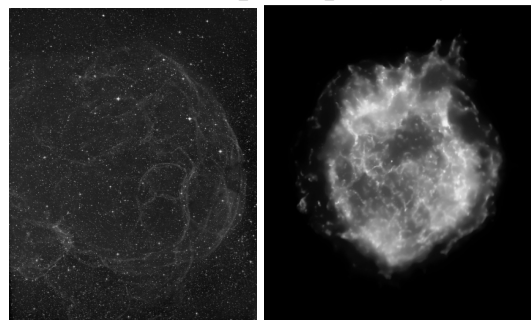
Silne pole magnetyczne



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

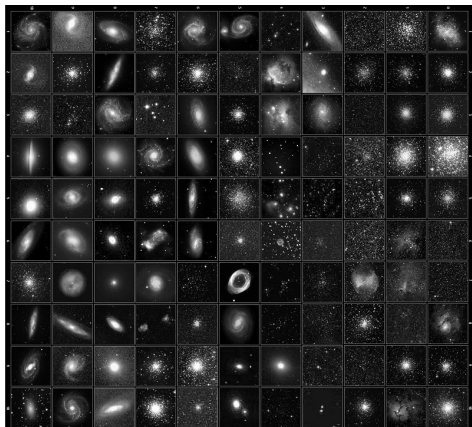
137

Pozostałości po Supernowych



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

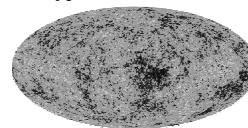
138



139

Wszechświat jako całość: cechy obserwacyjne

- Ucieczka galaktyk
- Promieniowanie tła
- Wiek najstarszych gromad gwiazd
- Pierwotny skład chemiczny



Wnioski:

Wszechświat powstał w Wielkim Wybuchu ok. 13 mld lat temu.

W dużej skali jest jednorodny bez wyróżnionych miejsc czy kierunków

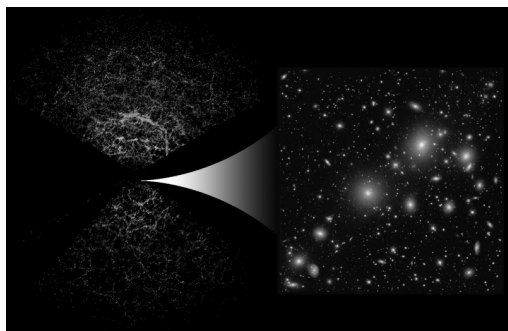
Wszechświat ekspanduje w tempie 65 km/s /Mpc

Nie wiadomo czy grawitacja zatrzyma i zawróci ekspansję wszechświata

W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

140

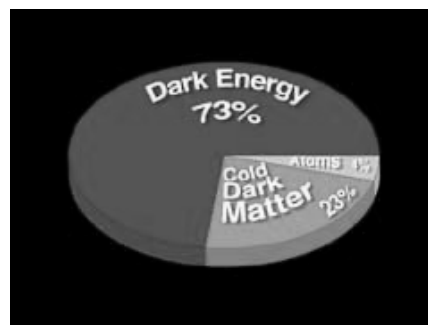
Wszechświat jako całość



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

141

Ciemna materia, ciemna energia,



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

142

KONIEC



W.Ogłoz, Astronomia, Wykład 5

143