

## Тема: Пространственная скорость звезд

Воронецкий Никита

Самую узнаваемую группа звезд на небе Северного полушария – Большой Ковш (часть созвездия Большой Медведицы, имеет различные имена у разных народов). Пять звезд Большого Ковша расположены в одном месте в пространстве и возможно, что образовались примерно в одно время.

# Собственное движение звезды

Из наблюдений было замечено, что координаты звезд медленно меняются вследствие их перемещения по небу.



В 720г **И. Синь** (683-727, Китай) в ходе углового изменения расстояния между 28 звездами, впервые высказывает догадку о перемещении звезд.

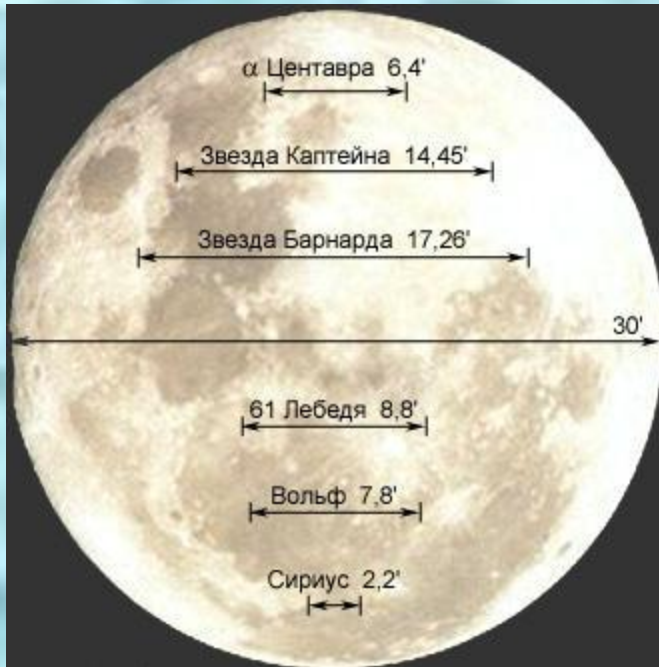
В 1718г **Э. Галлей** (1656-1742, Англия) *открывает собственное движение звезд*, исследуя и сравнивая каталоги Гиппарха (125г до НЭ) и Дж. Флемстида (1720г). Первой звездой, у которой он *в 1717г обнаружил собственное движение была Арктур* ( $\alpha$  Волопаса), находящуюся в 36 св.г. и имеющей собственное движение 2,3"/год.



Собственное движение измеряется в секундах дуги в год  $\mu$  [ "/год ].

Итак, звезды движутся, т.е. меняют со временем свои координаты. К концу 18 века измерено собственное движение 13 звезд, а **В. Гершель** в 1783г открыл, что наше **Солнце** также движется в пространстве.

# Изменение положения звезд на небе



Звезды движутся с разными скоростями, в разном направлении и находятся на разном расстоянии от нас. Вследствие этого взаимное расположение звезд меняется со временем, что можно заметить в течение тысячелетий.

Смещение звезд за 100 лет в сравнении с диском Луны.

Звезда Барнарда в созвездии Змееносца самая быстро перемещающаяся ( $10,31''/\text{год}$ ) звезда на небе.

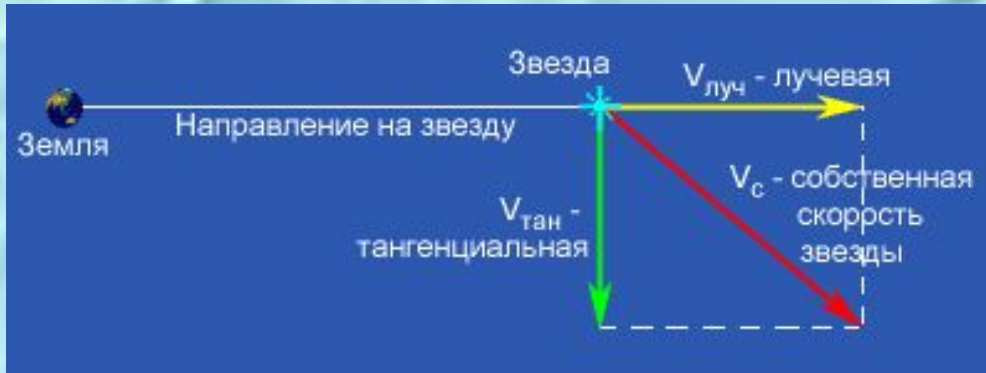


Взаимное расположение группы звезд Большой Медведицы со временем.

Какие звезды скорее всего принадлежит к одной группе?



# Пространственная скорость



**Состоит из:**

$V_r$  - лучевая (по лучу зрения) скорость  
 $V_T$  - тангенциальная скорость

Из рисунка по теореме Пифагора

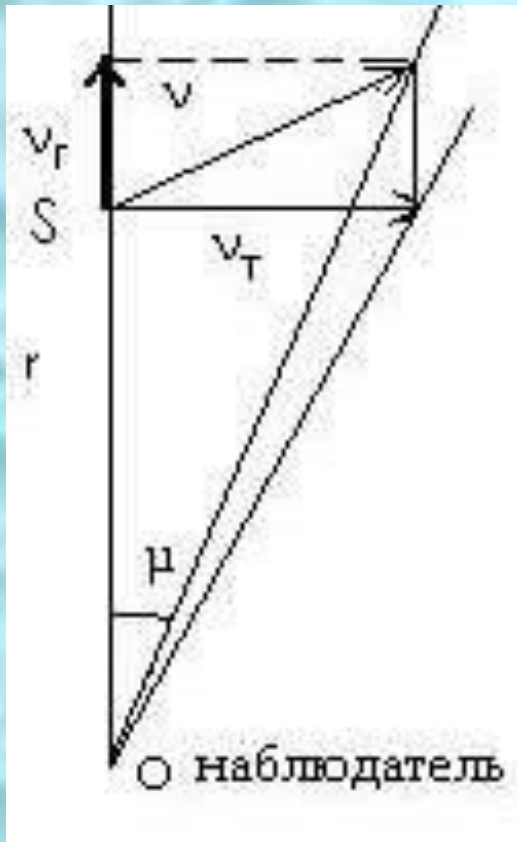
$$v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2}$$

Так как  $r = a/\pi$ , то с учетом смещения  $\mu$  получим  $r \cdot \mu = a \cdot \mu / \pi$ ; но  $r \cdot \mu / \text{год} = u$ , тогда подставляя числовые данные получим тангенциальную скорость  $u_T = 4,74 \cdot \mu / \pi$ .

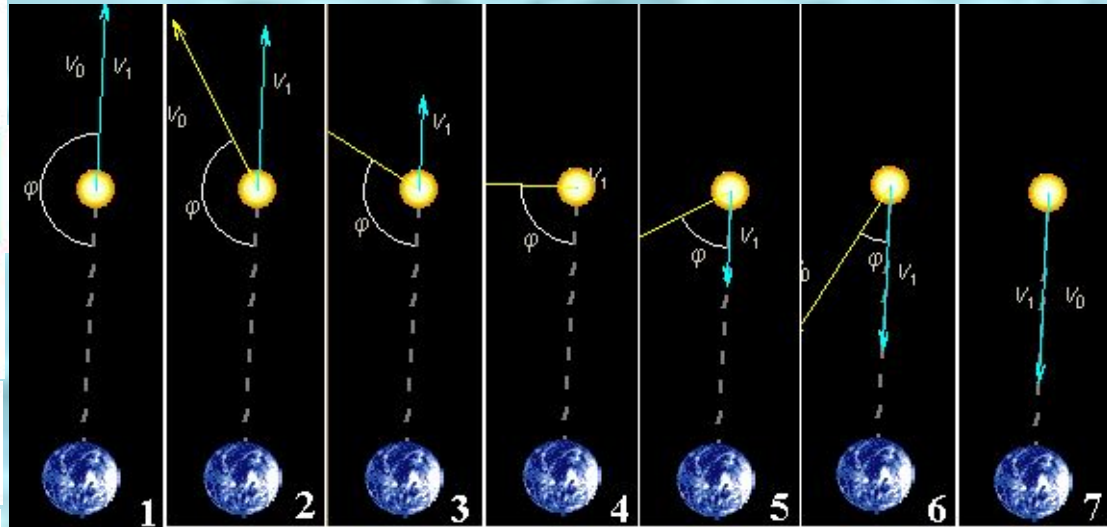
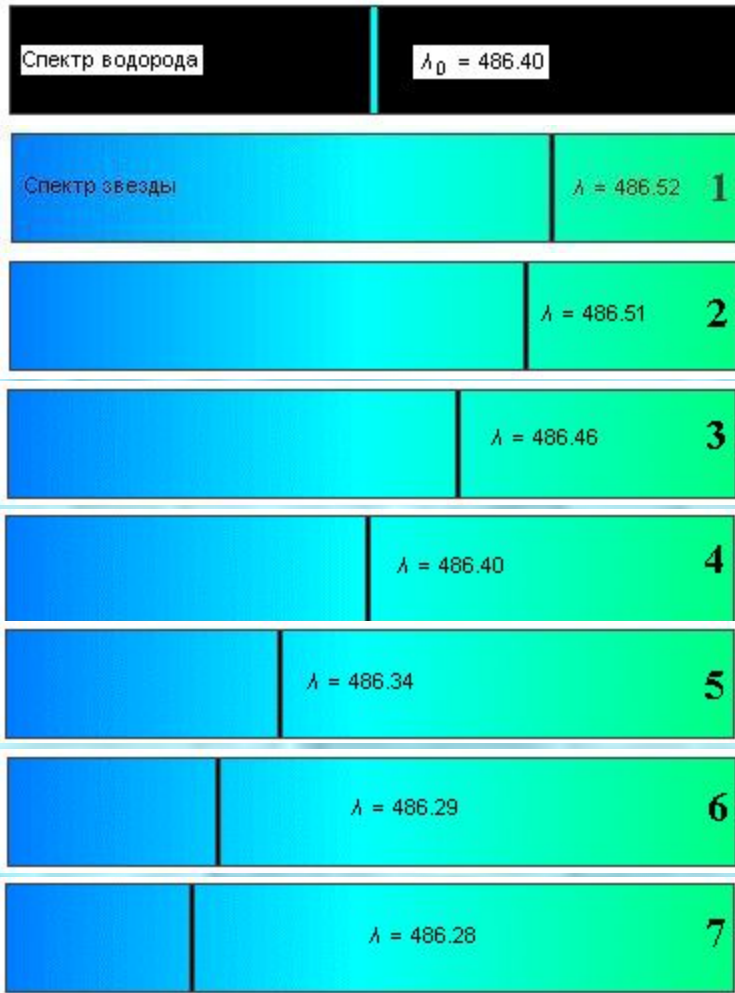
Лучевую скорость  $u_r$  определяют по спектру [эффект **Х. Доплера** (1803-1853, Австрия), установившего в 1842г, что длина волны источника изменяется в зависимости от направления движения]

$$u_r = \Delta\lambda \cdot c / \lambda_0$$

Применимость эффекта к световым волнам была доказана в 1900 году в лабораторных условиях **А. А. Белопольским** (1854-1934).



# Лучевая скорость



На рисунках показано смещение линии водорода в спектре звезды в зависимости от направления движения звезды относительно Земли.

$$\lambda = \lambda_0 \left( 1 + \frac{V}{c} \right)$$

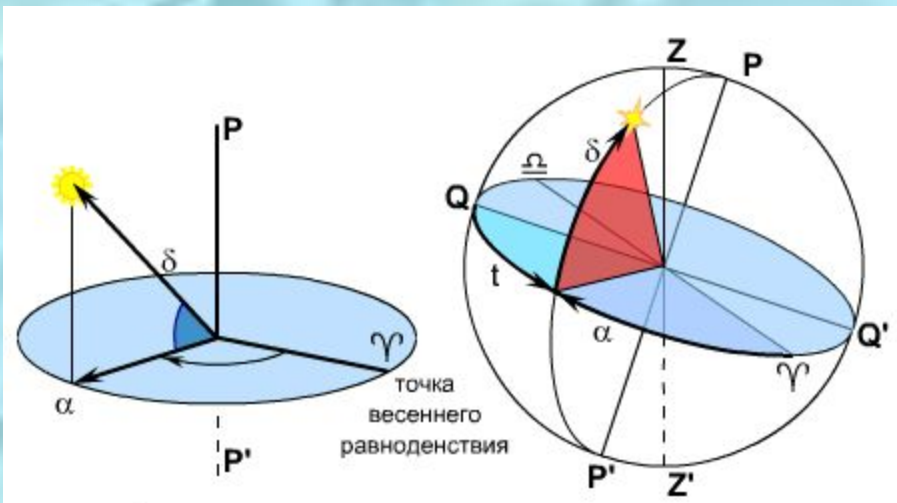
**Закон Доплера**, где  $V$  – проекция скорости источника на луч зрения

**Приближение** - смещается к Фиолетовому (знак "-").  
**Удаление** - смещается к Красному (знак "+").

Первым измерил лучевые скорости нескольких ярких звезд в 1868г **Уильям Хеггинс** (1824 - 1910, Англия). С 1893г впервые в России **Аристарх Аполлонович Белопольский** (1854 - 1934) приступил к фотографированию звезд и проведя многочисленные точные измерения определил лучевые скорости 220 ярких ( $2,5-4^m$ ) звезд.



# Связь собственного движения звезд с их координатами



Положение любой звезды в пространстве характеризуется экваториальными координатами.

$\alpha$  - прямое восхождение

$\delta$  - склонение

Собственное движение звезд характеризуется:

$\mu_\alpha$  - собственное движение по прямому восхождению

$\mu_\delta$  - собственное движение по склонению

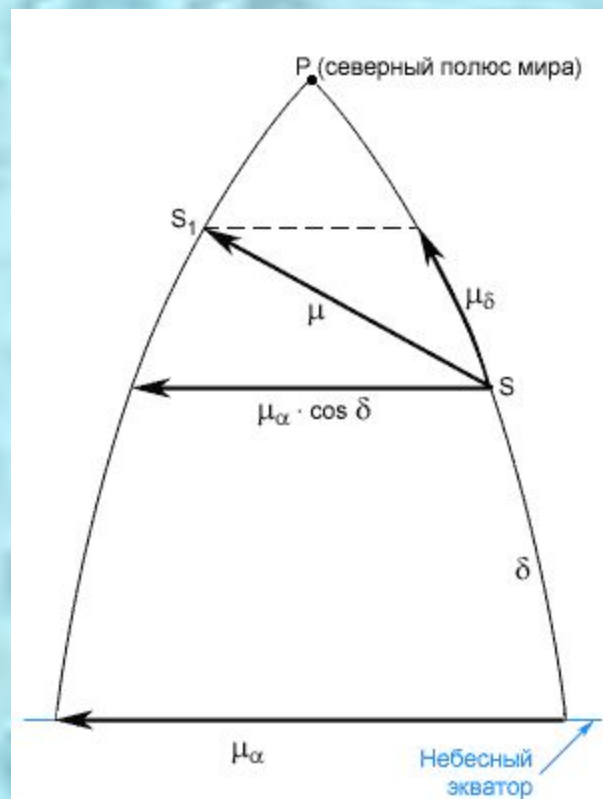
$$\mu = \sqrt{\mu_\delta^2 + \mu_\alpha^2}$$

Изменение координат звезды за год определяют по формулам:

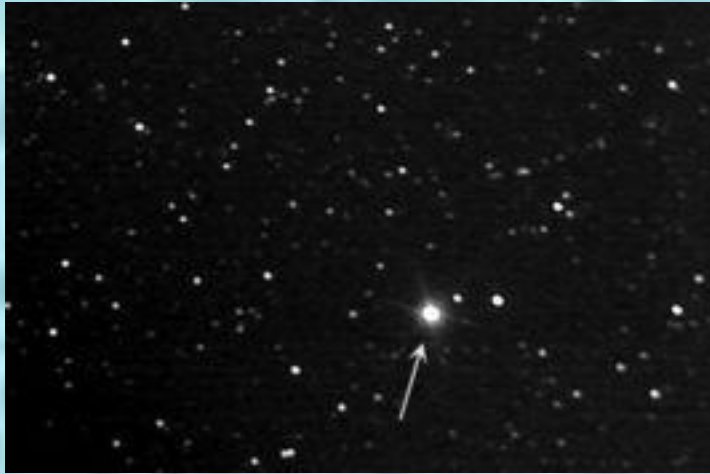
$$\Delta\alpha = 3,07^c + 1,34^c \sin\alpha \tan\delta$$

$$\Delta\delta = 20,0'' \cdot \cos\alpha$$

Вследствие обращения Земли вокруг Солнца со скоростью  $V \approx 30$  км/с, линии в спектре удаляющихся звезд дополнительно смещаются к красному концу спектра на  $\Delta\lambda/\lambda = V/c = 10^{-4}$ , а при приближении на такую же величину к фиолетовому.



# Самые быстрые звезды неба



Самая быстро перемещающаяся по небу звезда в Змееносца (летающая Барнарда), открыта в 1916г Э. Барнард (1857-1923, США).

$m=9,7^m$  ,  $r=1,828$  пк,  $\mu =10,31''/\text{год}$  , красный карлик  
 Лучевая скорость= $106,88$  км/с,  
 Пространственная (под углом  $38^\circ$ )= $142$ км/с.

После измерения собственных движений  $> 50000$  звезд, выяснилось, что самая быстрая звезда неба в созвездии Голубя ( $\mu$  Col) имеет пространственную скорость= $583$ км/с.

На ряде обсерваторий мира, располагающих крупными телескопами, в том числе Крымской астрофизической, ведутся многолетние определения лучевой скорости звёзд.

Но наиболее успешные измерения проведены КА для высокоточных измерений параллаксов «Гиппарх» (HIPPARCOS, работа 1990-1993гг).

Собственные движения и лучевые скорости ярких звезд



Звезда	$\mu$	$v_r$	Звезда	$\mu$	$v_r$	Звезда	$\mu$	$v_r$	Звезда	$\mu$	$v_r$
Альдебаран	0,199	+54	Бетельгейзе	0,029	+21	Кастор	0,254	+5,2	Регул	0,249	+6
Альтаир	0,661	-26	Вега	0,350	-14	Поллукс	0,628	+3	Ригель	0,002	+21
Антарес	0,025	-3	Денеб	0,002	-4,5	Полярная	0,046	-17	Сириус	1,339	-8
Арктур	2,279	-5,3	Капелла	0,434	+30	Процион	1,258	-4,1	Спика	0,054	+1