

# Звезды Вольфа-Райе в двойных системах: моделирование кривых блеска

---

Э.А. Антохина, И.И. Антохин,

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга,  
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова



«Физика звезд: теория и наблюдения»  
ГАИШ МГУ, Москва, 26-30 июня 2023 г.

- В последнее время в составе двойных систем были открыты очень массивные горячие звезды ( $M > 80 M_{\odot}$ ), со звездами WR:

Двойная система	M1, M2 ( $M_{\odot}$ )
WR20a (WN6+WN6)	~ 82+83
NGC 3603-A1 (WN6+WN6)	~ 116+89
R136c, LMC (WN7+WN7)	~ 130-160.
WR21 (Of/WN +O)	~ 87 + 53 (?)
WR25 (WN6 +O)	> 75 + 27

- Модель двойной системы со звездным ветром вокруг одного компонента (Antokhina, Antokhin, Cherepashchuk, AAT, 2013).

- Источником непрозрачности ветра в оптическом континууме является электронное рассеяние
- Вычисляется оптическая толщина ветра от точки на поверхности звезды до наблюдателя (интеграл вдоль луча зрения.)
- $\beta$ -закон скорости звездного ветра 
$$v(r) = V_{\infty} \left(1 - \frac{r_*}{r}\right)^{\beta}$$

- Анализ кривых блеска системы с сильно эллиптической орбитой WR22 (Lenoir-Craig, Antokhin, Antokhina et al., MNRAS ,2022)

1) Затмение в системе является комбинированным, то есть сочетанием геометрического и атмосферного затмения звезды O9V звездой WR и ее ветром.

2) Определены основные параметры WR22:

- угол наклона орбиты  $i = 83.5$  град.
- скорость потери массы звездой WR -  $\dot{M} = 2 \times 10^{-5} M_{\odot}/\text{год}$
- уточнены массы компонентов  $M_{\text{WR}} = 56 M_{\odot}$ ,  $M_{\text{O}} = 21 M_{\odot}$ .

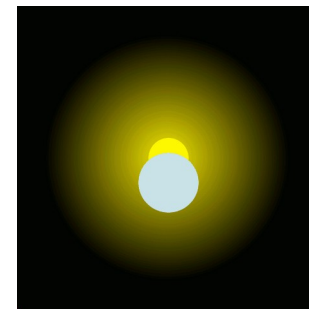
## Параметры звездного ветра:

$\dot{M}$  - темп потери массы звездой Вольфа-Райе,

$V_\infty$  - скорость звездного ветра на бесконечности,

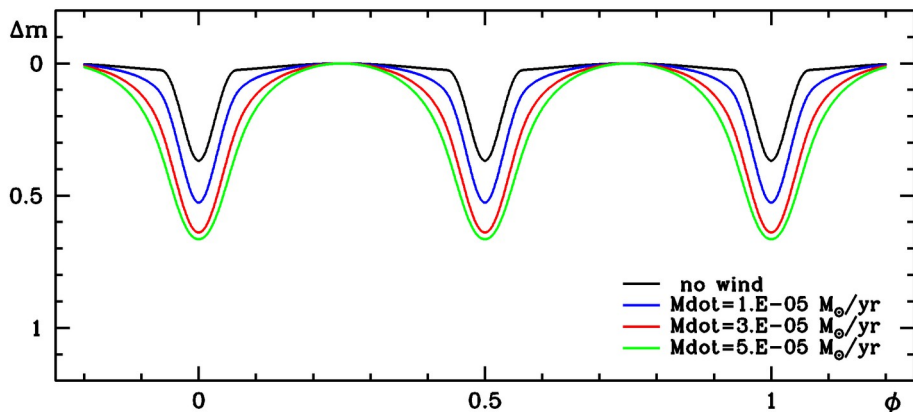
$\beta$  - параметр в beta-законе скорости ветра,

$\mu_e$  - средний электронный молекулярный вес вещества в звездном ветре, зависящий от химического состава и степени ионизации.

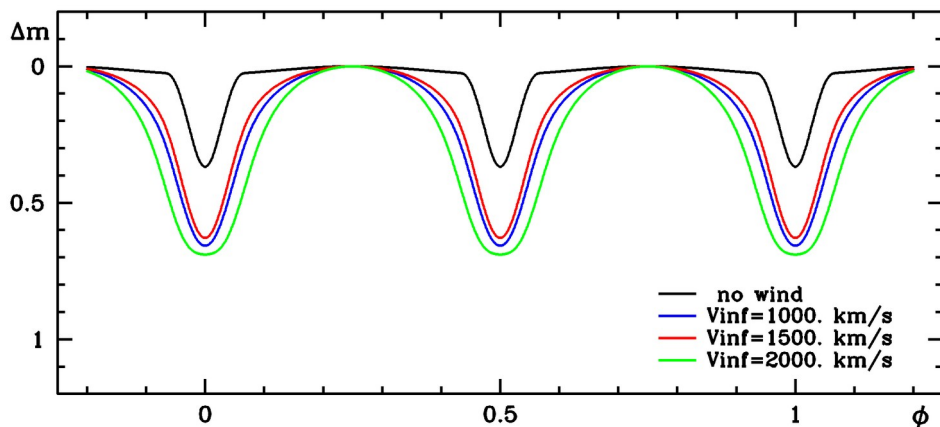


### Model 1

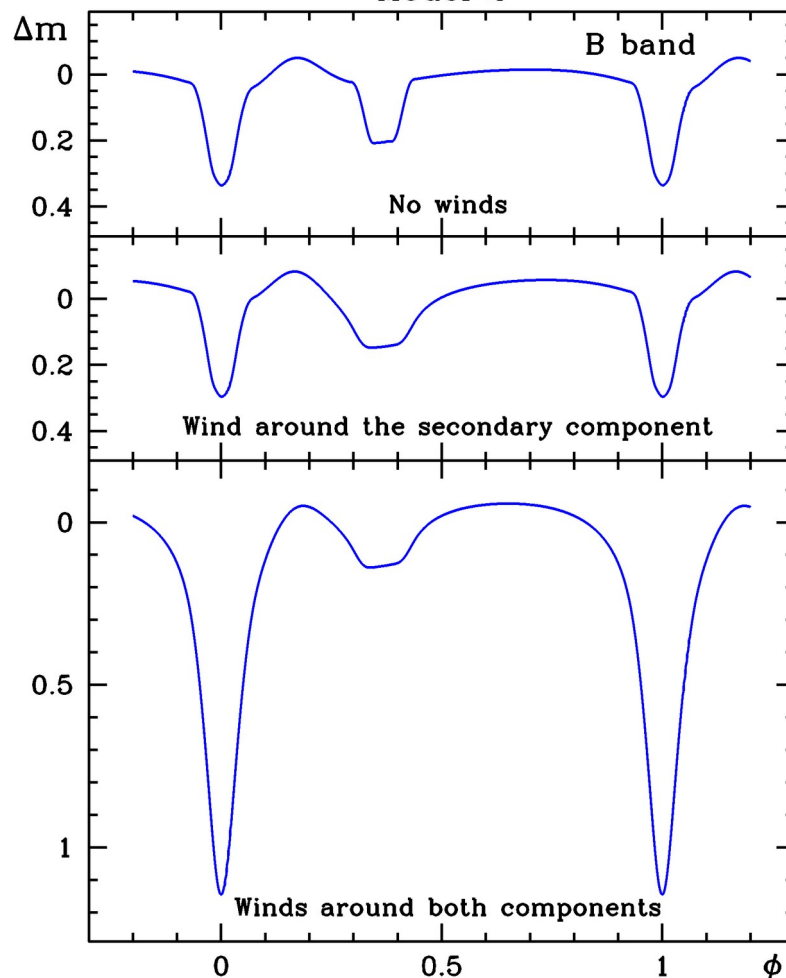
#### Варьирование скорости потери массы $\dot{M}_{dot}$



#### Варьирование скорости звездного ветра $V_{inf}$



### Model 2



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**