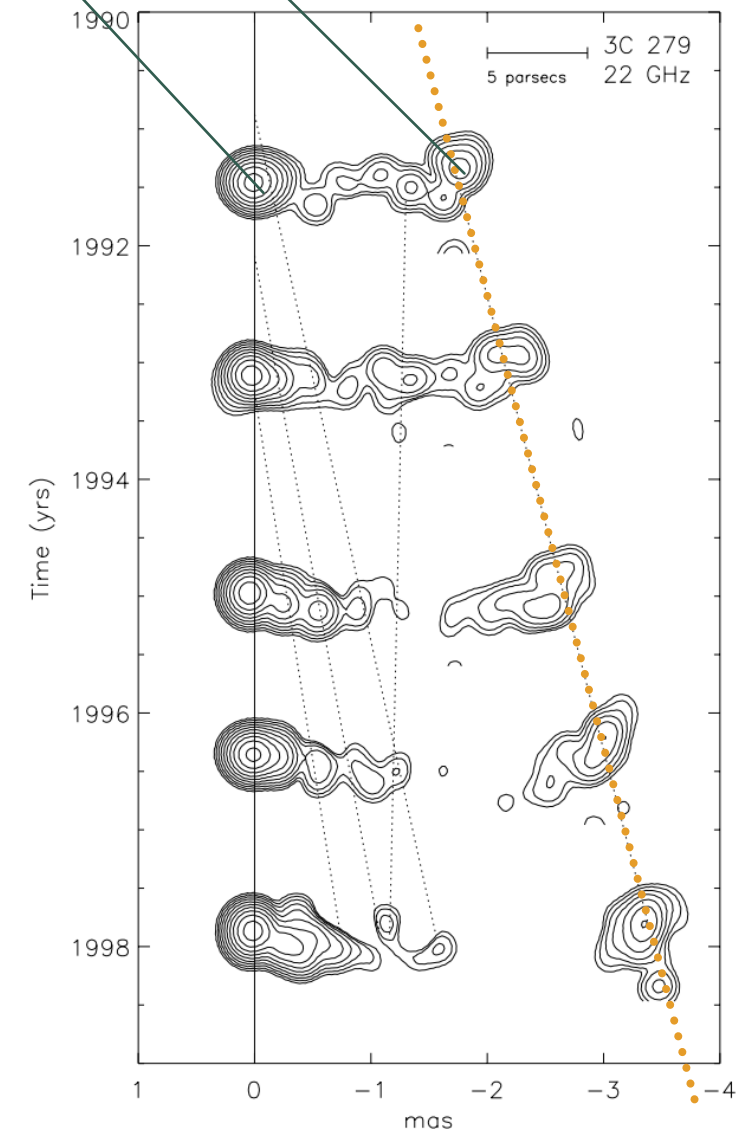


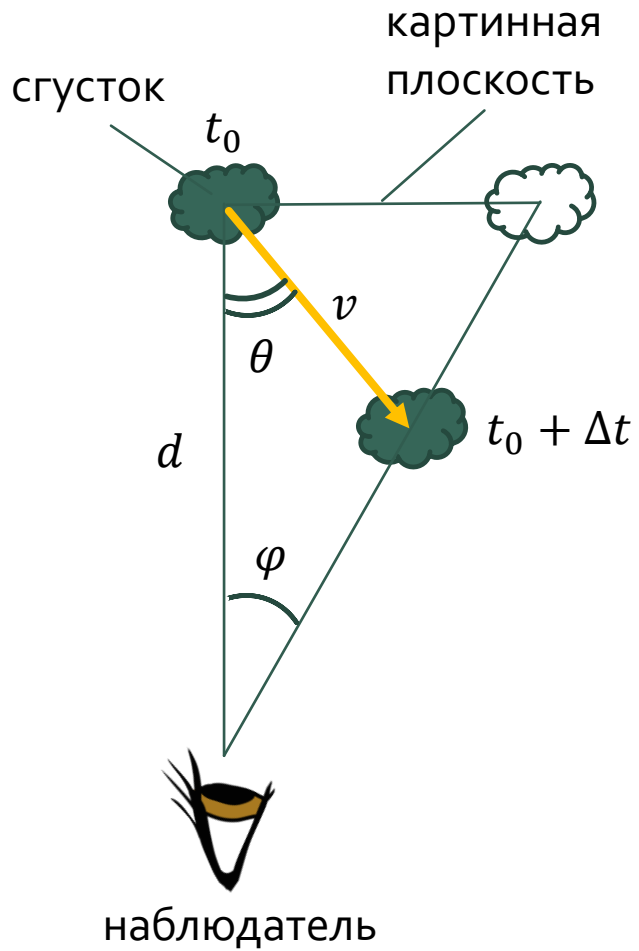
## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ 2

В радионаблюдениях в режиме интерферометра со сверхдлинной базой (РСДБ-наблюдениях) было обнаружено, что от радиоисточника 3C 279 отлетают несколько сгустков светящегося вещества. Источник 3C 279 это квазар. А сгустки составляют струйный выброс (джет) вещества из его центральной части. Самый дальний сгусток имеет полное собственное движение  $\mu = 0.25 \text{ mas yr}^{-1}$  – см. рисунок. Расстояние до 3C 279 составляет  $d = 1.5 \cdot 10^9$  парсек (1.5 Гпк).

Получите *нижний предел* для величины *полной* пространственной скорости дальнего сгустка *относительно наблюдателя*. Ответ выразите в единицах скорости света.



## РЕШЕНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ 2

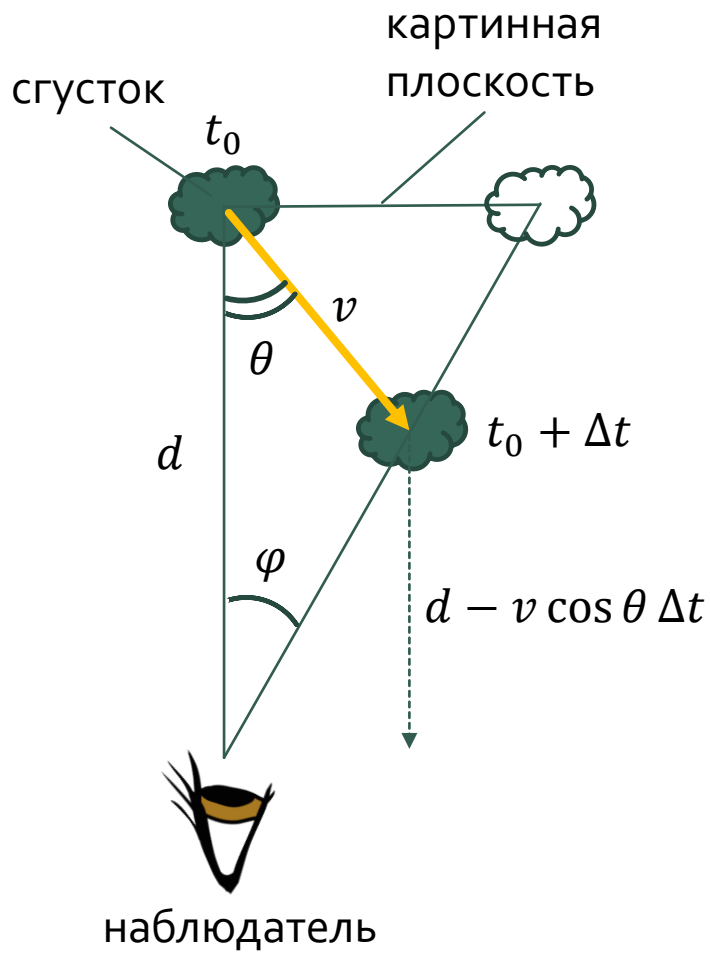


Простейшая нижняя оценка полной скорости – это просто величина поперечной скорости источника. То есть проекции полной скорости на картинную плоскость:  $v_t = v \sin \theta$ . Воспользуемся формулой из лекции:

$$v_t = 4.74 \text{ km s}^{-1} \left( \frac{\mu}{1 \text{ arcsec yr}^{-1}} \right) \left( \frac{d}{\text{pc}} \right) =$$
$$= 4.74 \cdot (0.25 \cdot 10^{-3}) \cdot (1.5 \cdot 10^9) \approx 1.78 \cdot 10^6 \text{ km s}^{-1} \approx 6c.$$

Это абсурдный результат, так как полученная скорость в шесть раз больше скорости света!

## РЕШЕНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ 2



Такой результат получился по той причине, что излучение от сгустка, выпущенное в момент  $t_0 + \Delta t$ , придёт к наблюдателю не через время  $\Delta t$  (по сравнению с первыми фотонами), а *раньше*, так как ему потребовалось пройти меньший путь. Поэтому наблюдатель увидит сгусток на угловом расстоянии  $\varphi$  от первоначального через

$$\Delta t' = \left( t_0 + \frac{d}{c} \right) - \left( t_0 + \Delta t + \frac{d - v \cos \theta \Delta t}{c} \right) = \Delta t \left( 1 - \frac{v}{c} \cos \theta \right).$$

И значит, наблюдаемая поперечная скорость (в единицах скорости света) окажется равной:

$$\beta_{\text{app}} = \frac{\beta \sin \theta \Delta t}{\Delta t'} = \frac{\beta \sin \theta}{1 - \beta \cos \theta} > \beta,$$

где  $\beta = v/c$ . Это так называемый эффект видимого сверхсветового движения.

## РЕШЕНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ 2

Нам неизвестен угол  $\theta$ . Но легко видеть, что  $\beta_{\text{app}}(\theta)$  имеет максимум в точке  $\cos \theta = \beta$ . И этот максимум равен

$$\beta_{\text{app,max}} = \gamma\beta = \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Здесь  $\gamma$  – Лоренц-фактор сгустка в системе отсчета наблюдателя. Таким образом, в нашем случае,  $\gamma\beta > 6$  или, решая простое уравнение, получаем что

$$\beta > \frac{6}{\sqrt{37}} \approx 0.986$$

Это и есть нижняя оценка на реальную скорость сгустка (джета) от квазара относительно наблюдателя.

