

# Жизнь звёздных скоплений

или

## Социальная жизнь звёзд





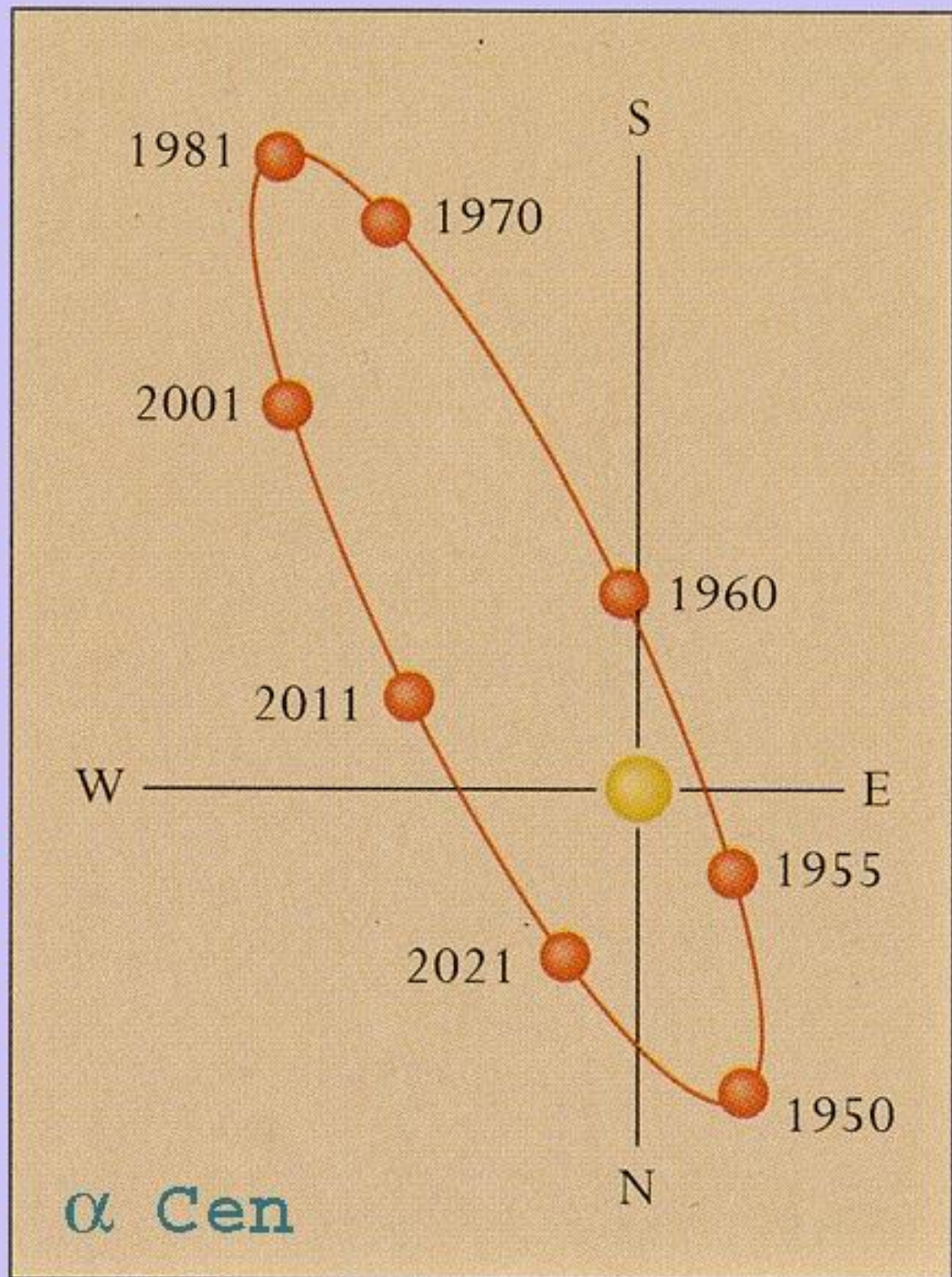
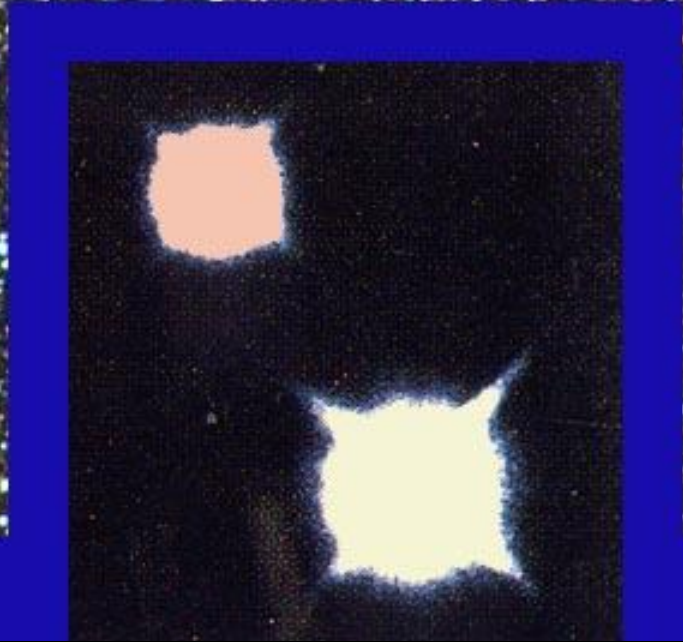
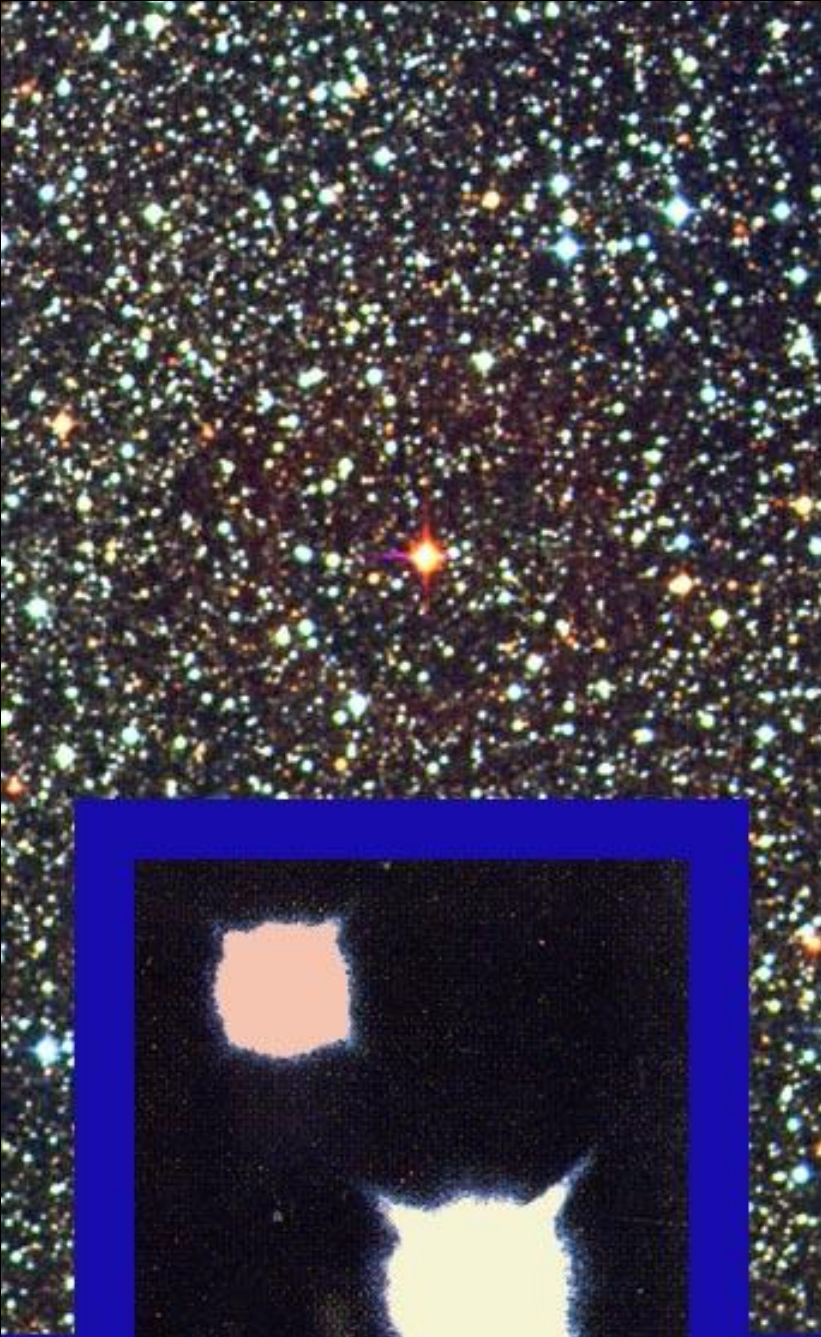
Визуальная двойная Альбиро (β Cyg)

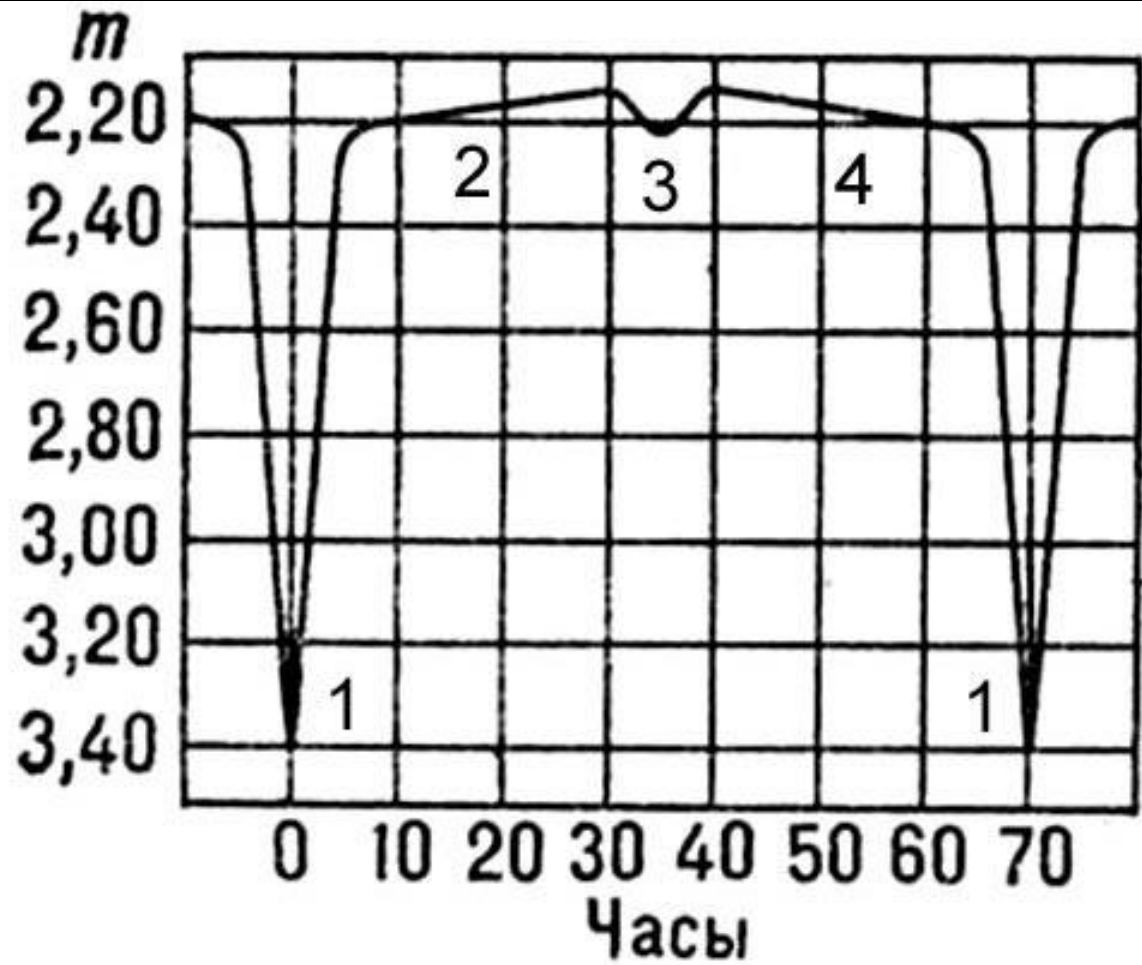
3,1<sup>m</sup> + 5,4<sup>m</sup> 35"



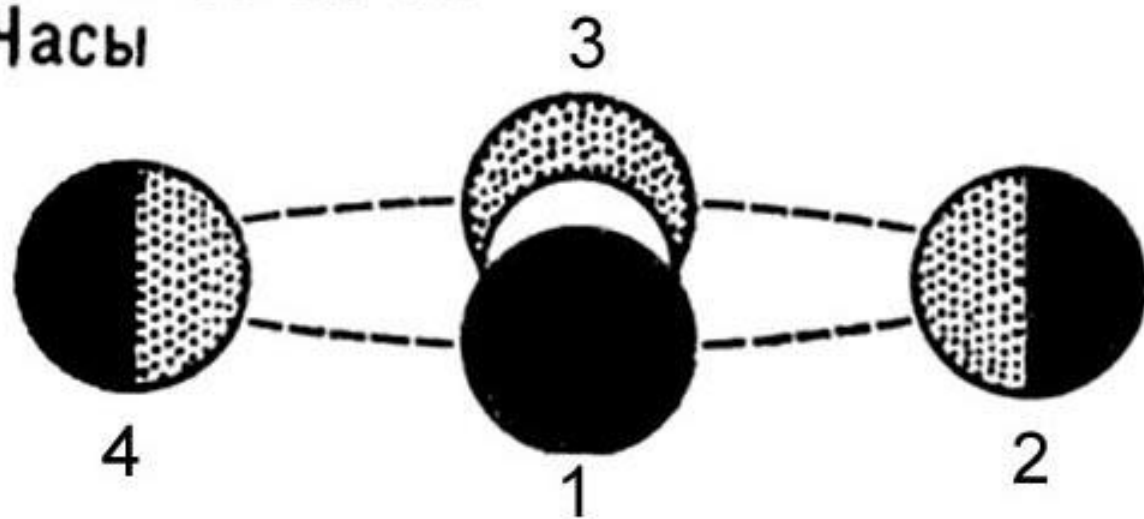
Kruger 60 (DO Cep) 1908-20

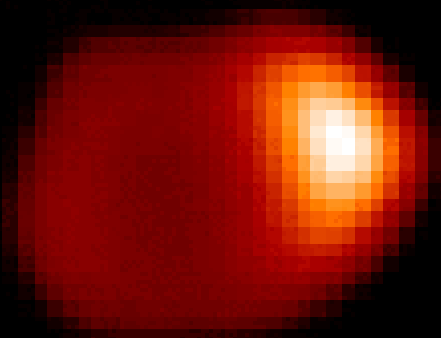






Затменная  
переменная  
звезда  
Алголь  
(β Персея)



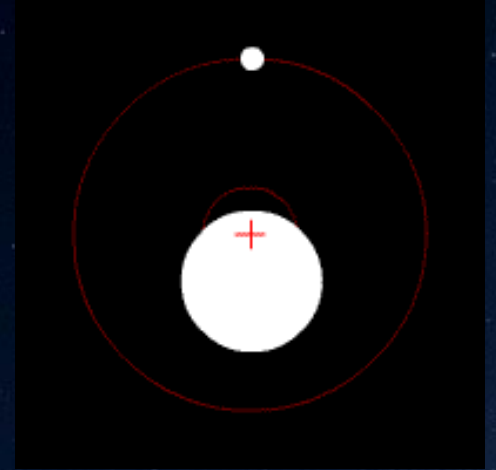
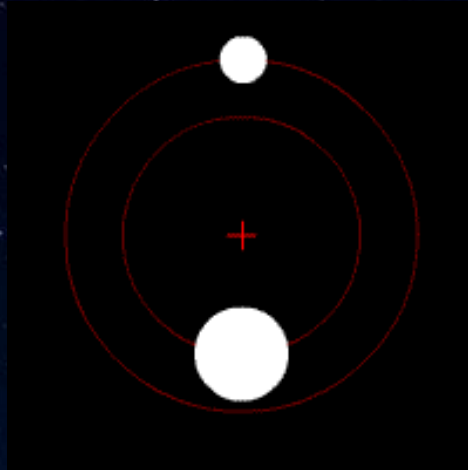
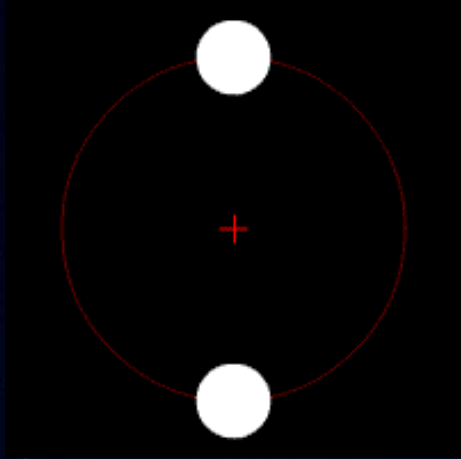


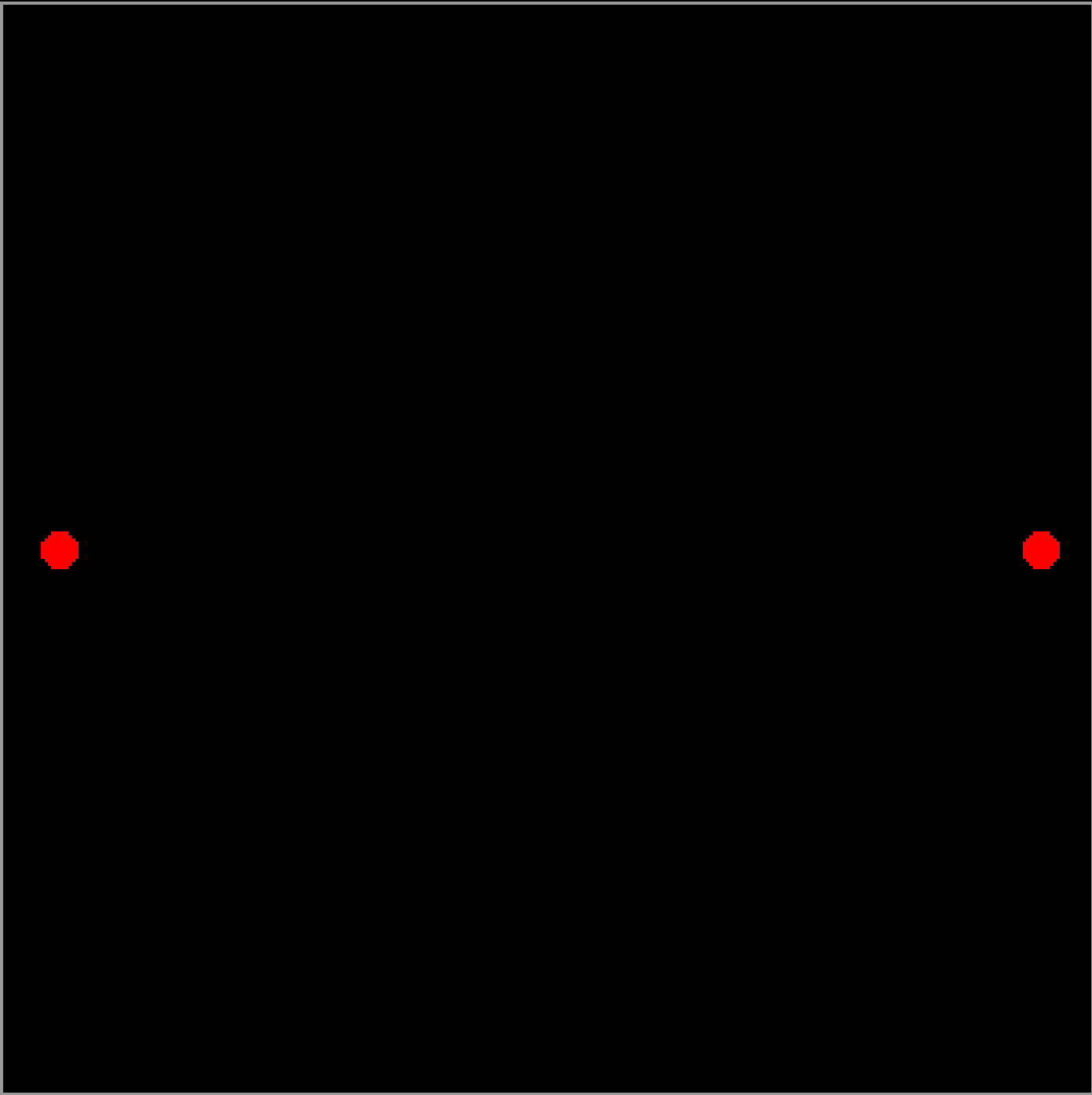
0.016

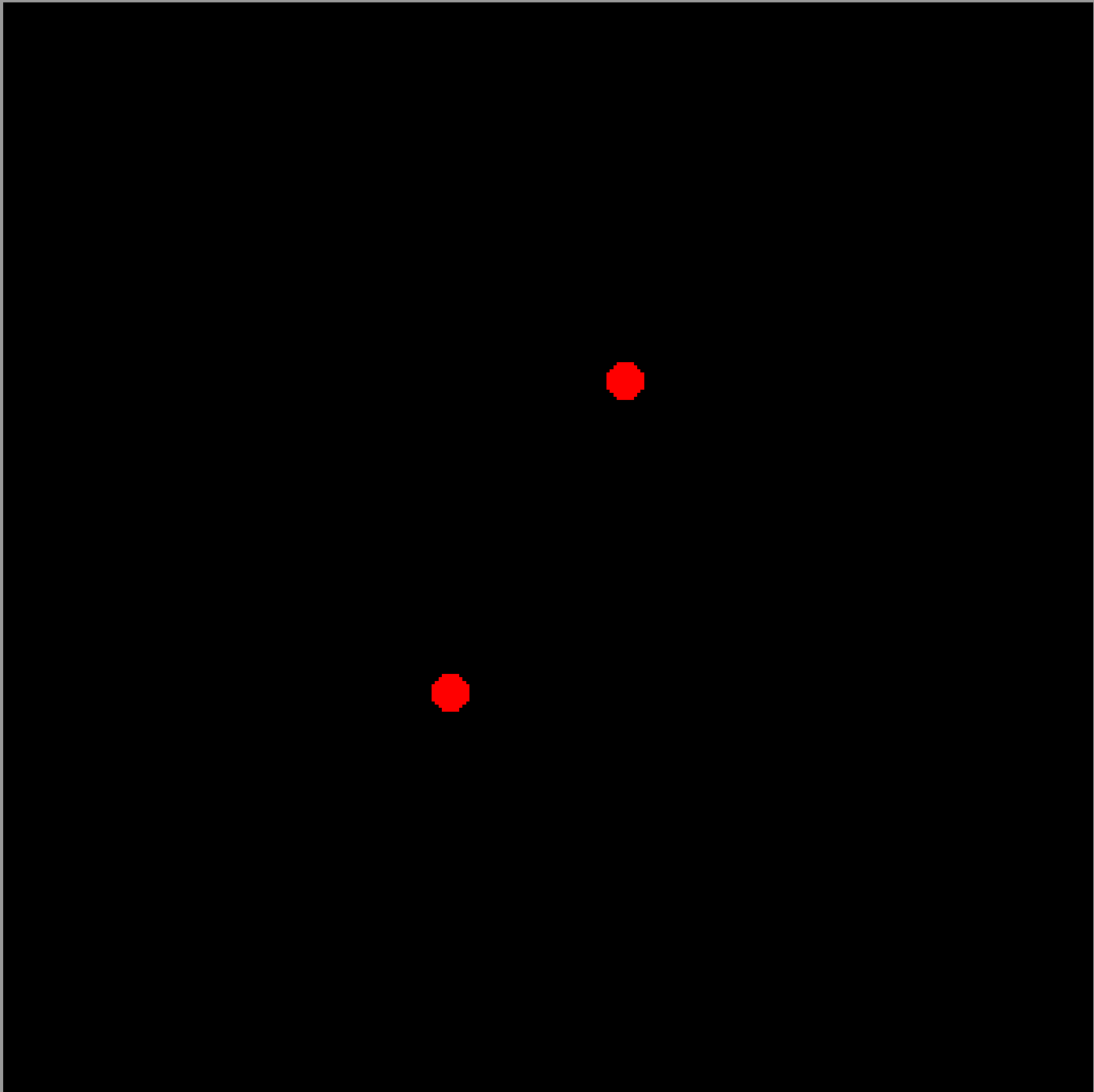
Алгоľ

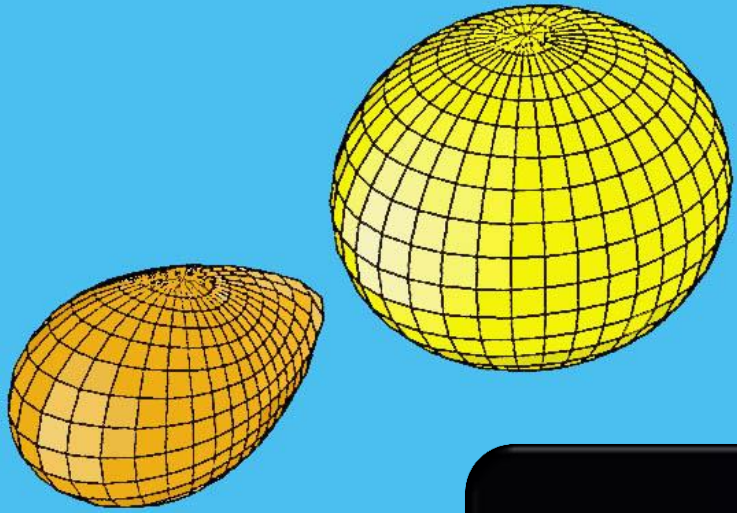
CHARA  
интерферометр

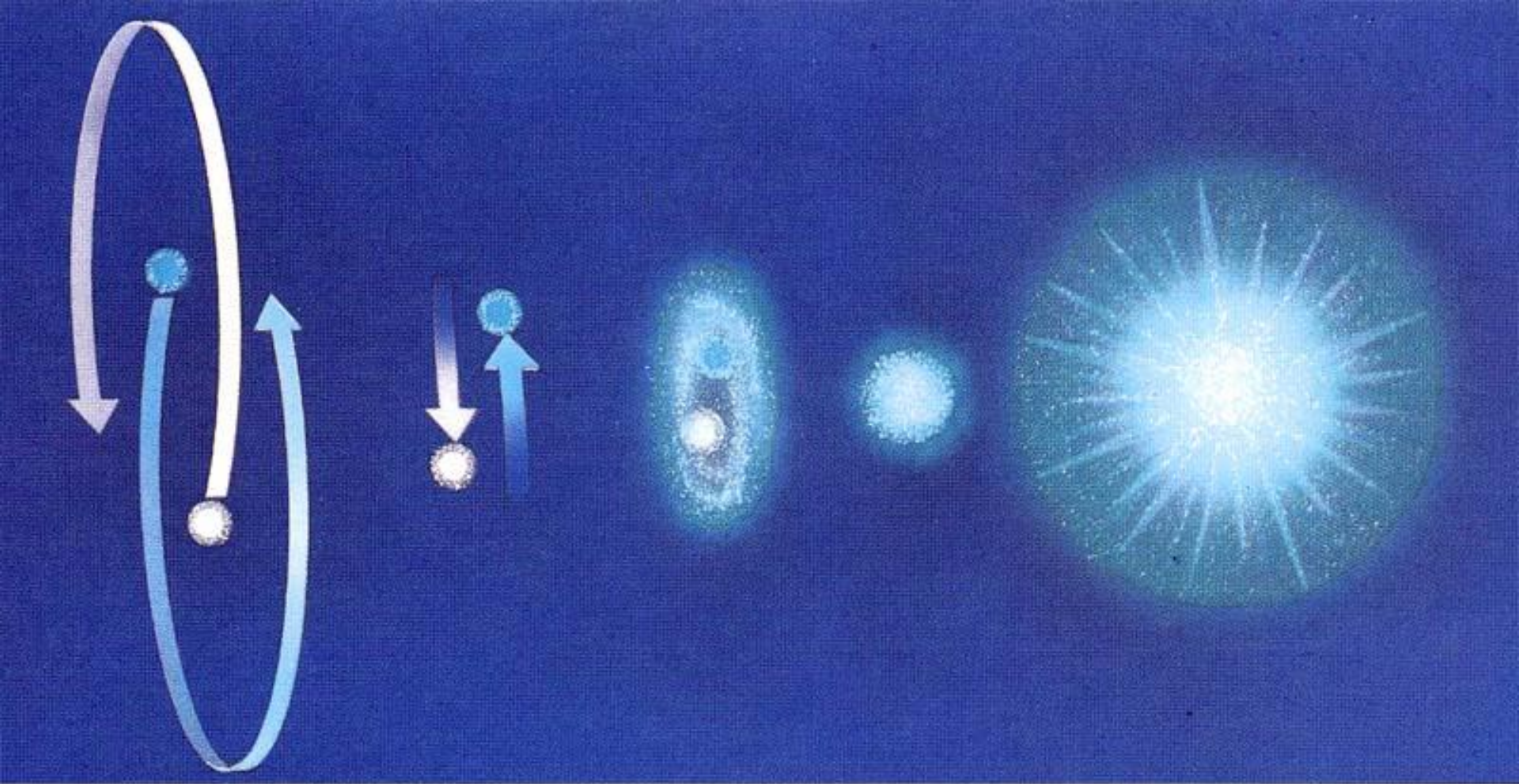












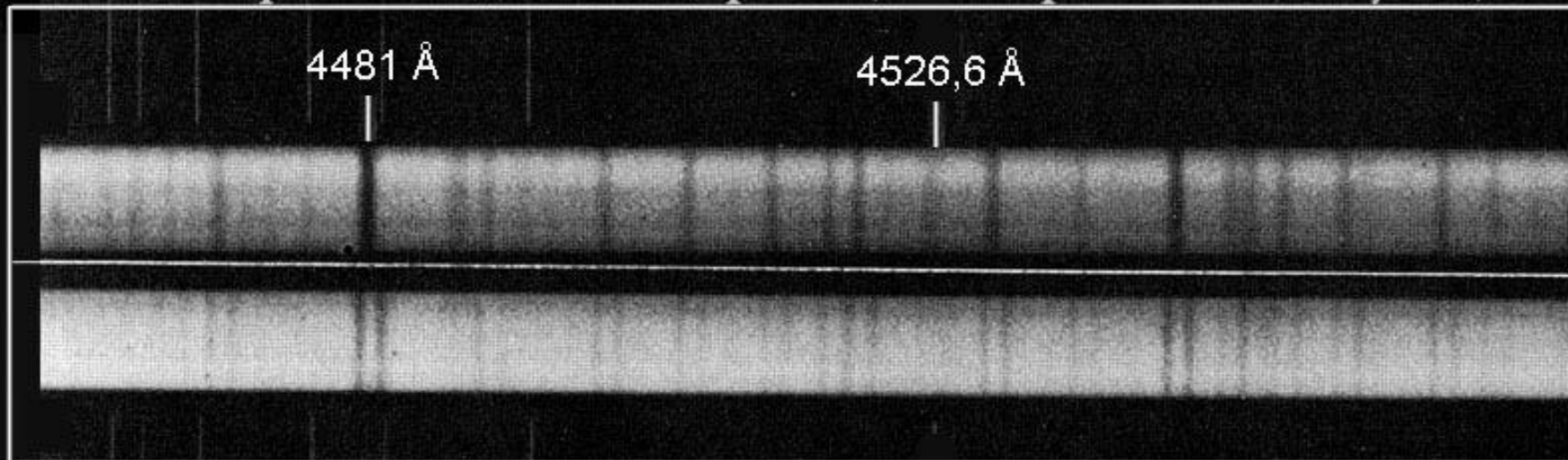
Слияние белых карликов

# Двойные и кратные звёзды

Алькор + Мицар = пятикратная звезда { 1 + (2 + 2) }

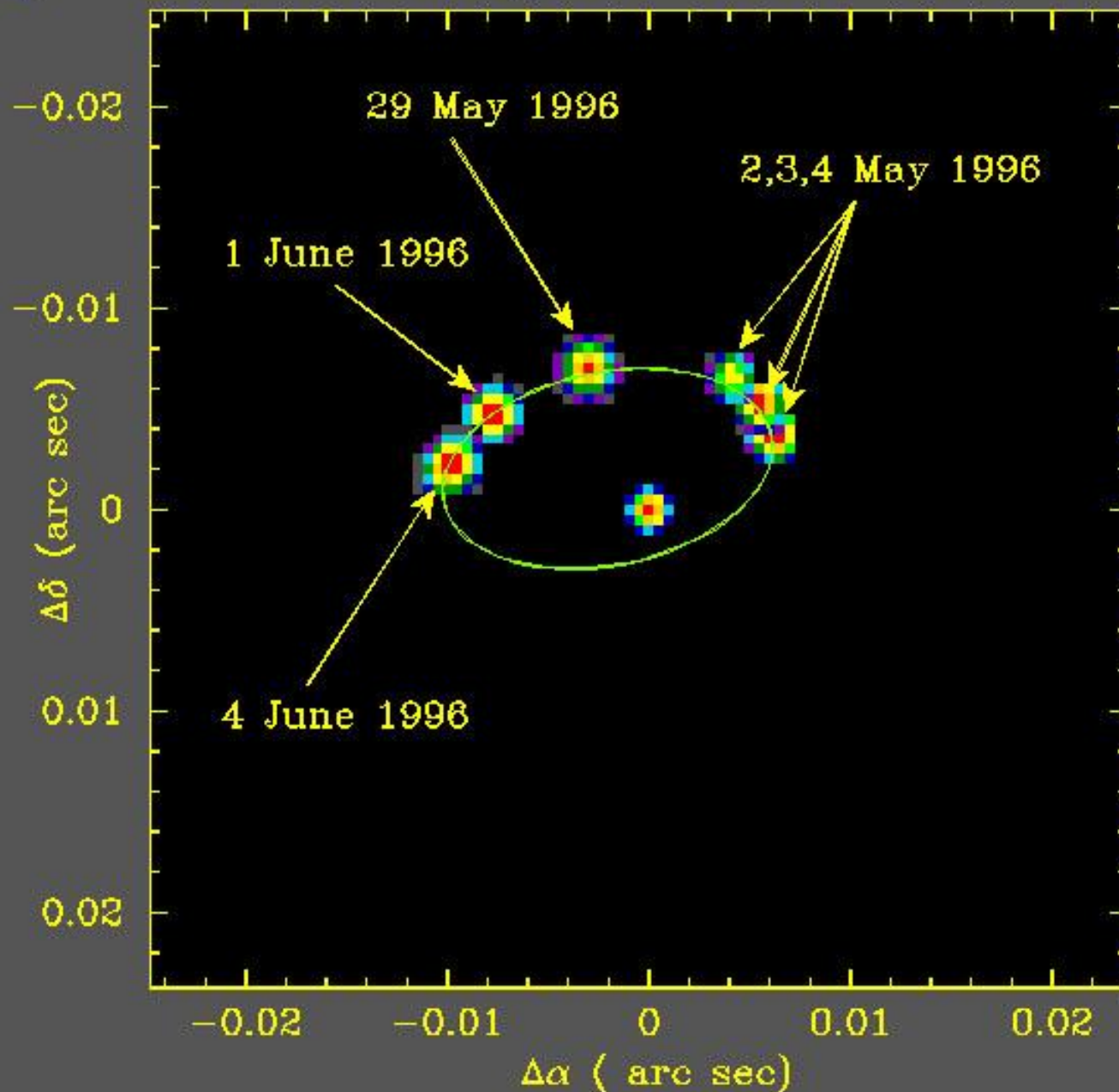


Спектры звезды Мицар А (с интервалом в 2 суток)



Доплеровское смещение линий  $\Delta\lambda = 2\lambda$  соответствует 140 км/с

# $\zeta^1$ Ursae Majoris = Mizar A



Спектрально-  
двойная

$P = 20,5$  сут

$Sp = A1 V$

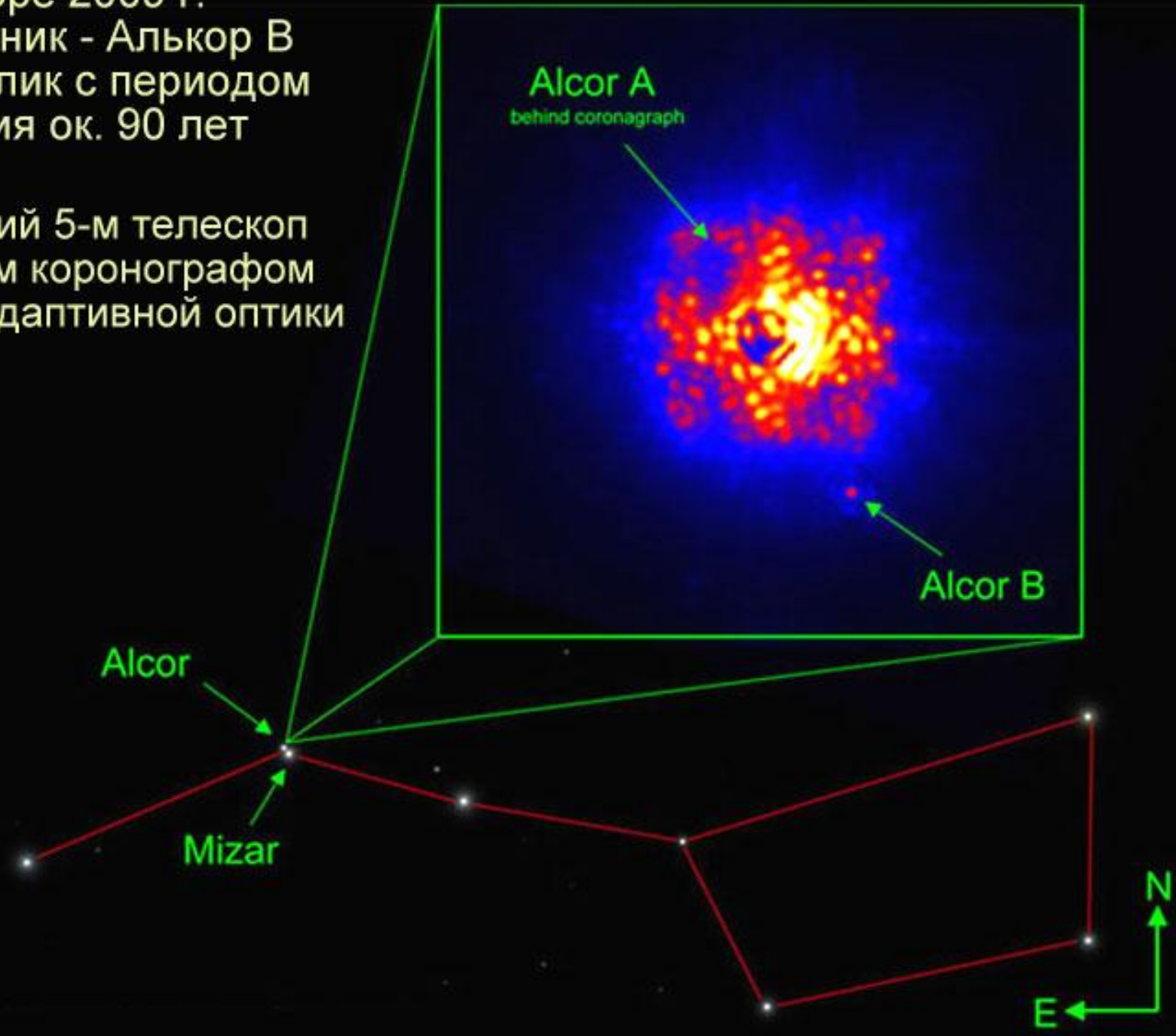
Dist = 27 pc

Размер орбиты  
около 0,3 а.е.

Оптический  
интерферометр  
Mark III  
Mount Wilson  
US Naval Obs.

В декабре 2009 г.  
открыт спутник - Алькор В  
красный карлик с периодом  
обращения ок. 90 лет

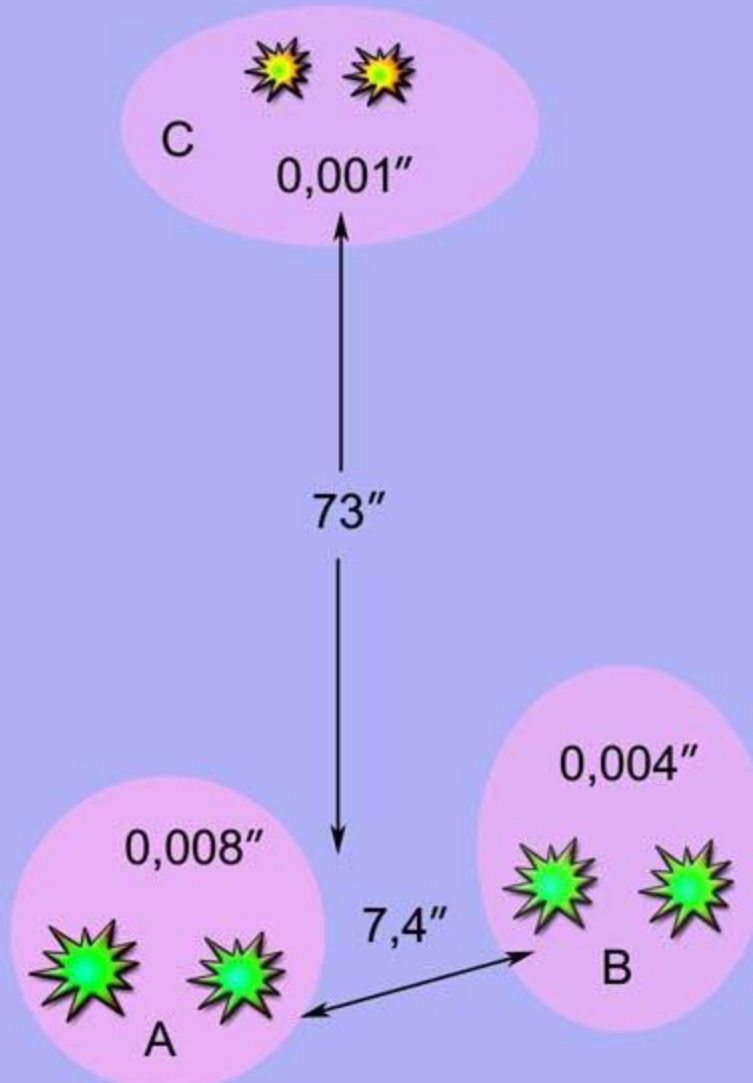
Паломарский 5-м телескоп  
со звездным коронографом  
и системой адаптивной оптики





# Кратные звёздные системы

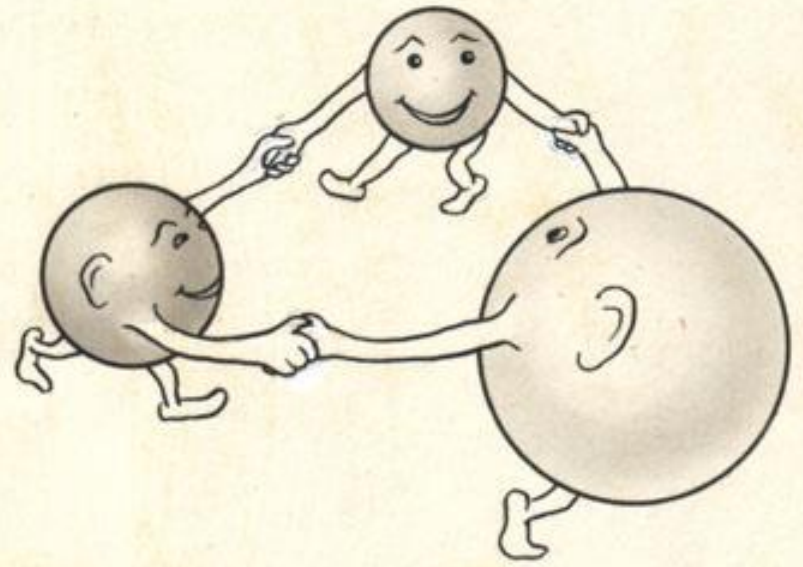
## Система $\alpha$ Gem



К а с т о р  
6-кратная  
звезда

## Задача трех тел

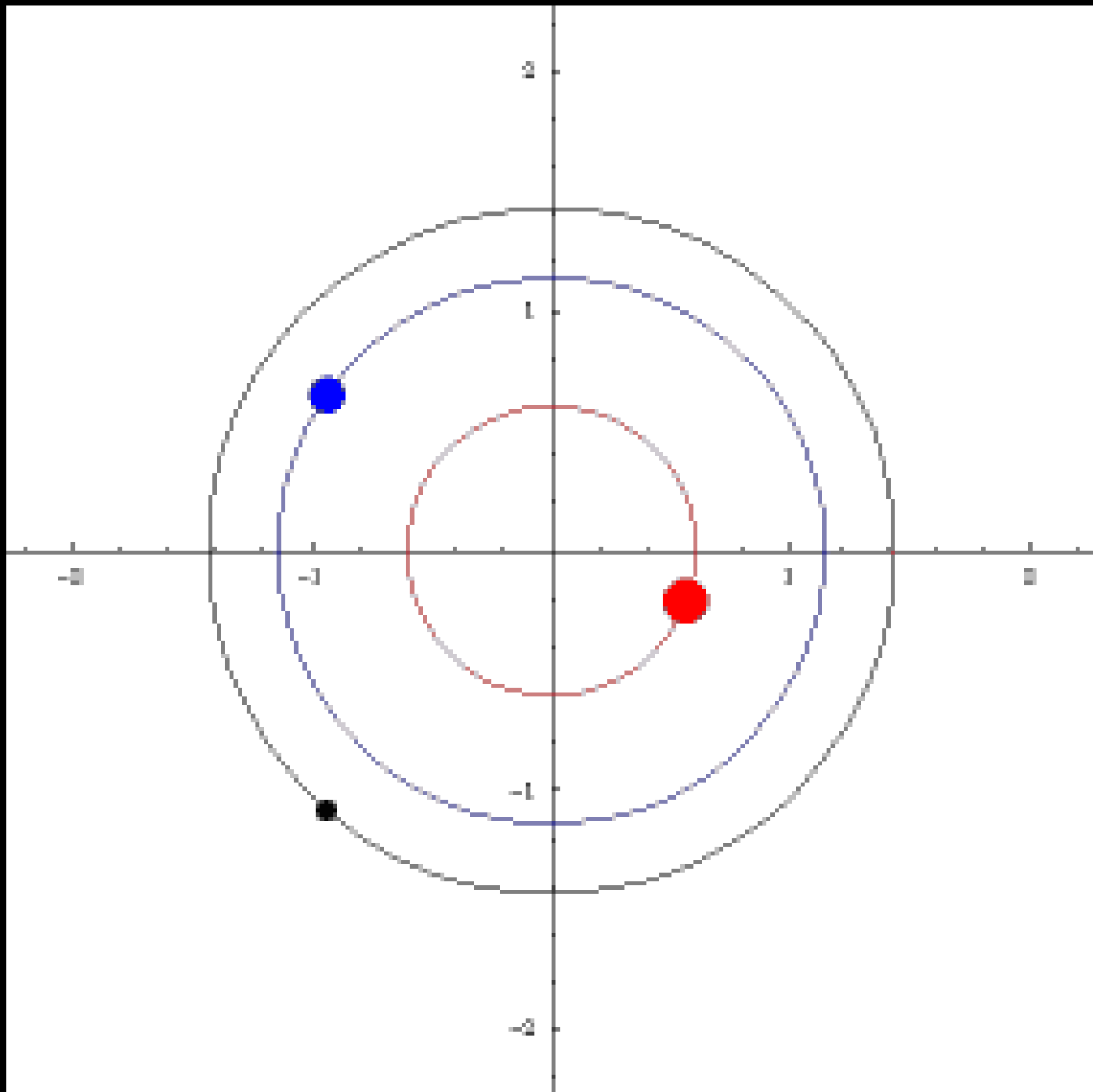
Зная начальные положения и скорости трех точечных тел произвольной массы, найти их координаты и скорости в любой иной момент времени.

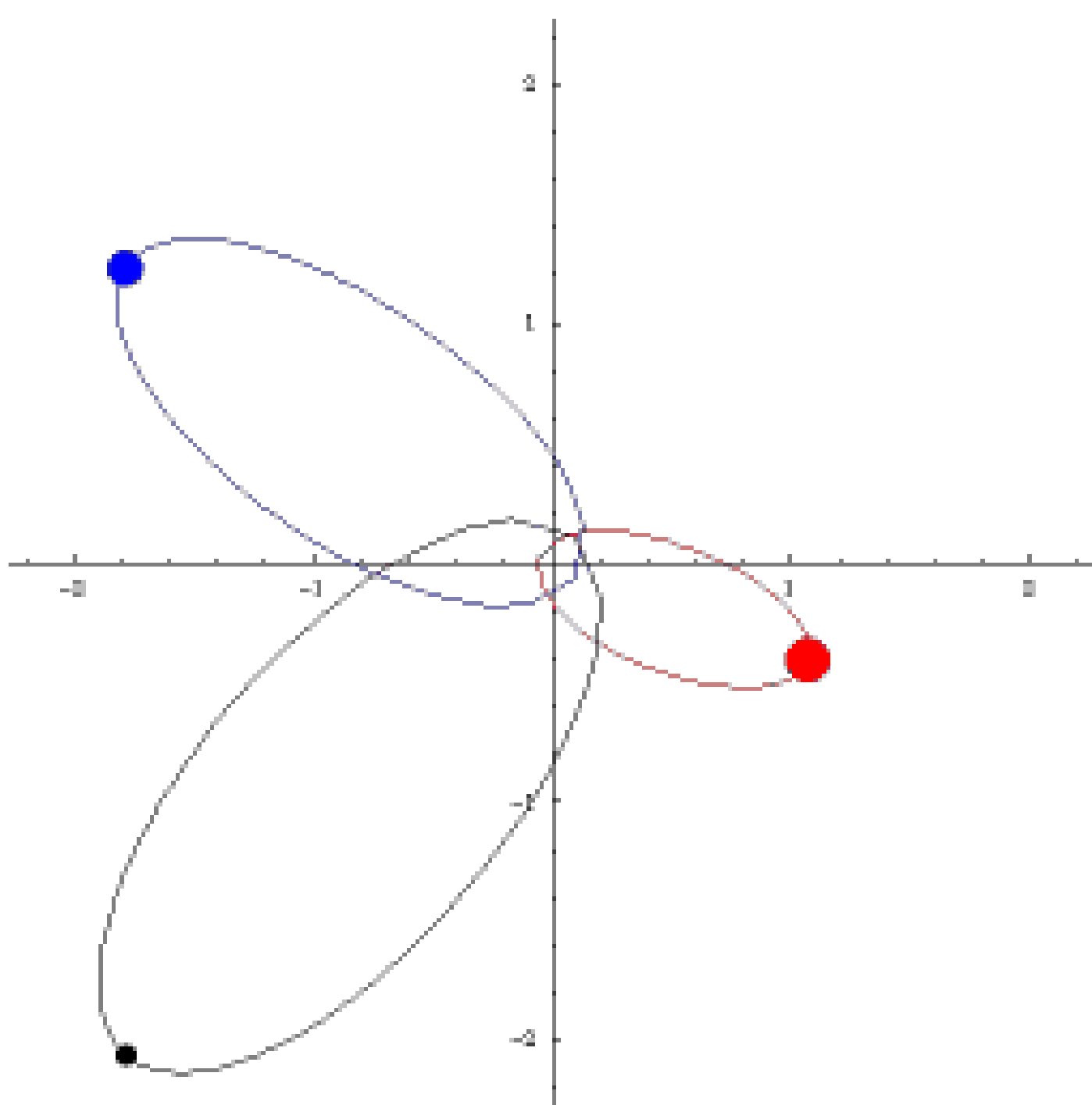


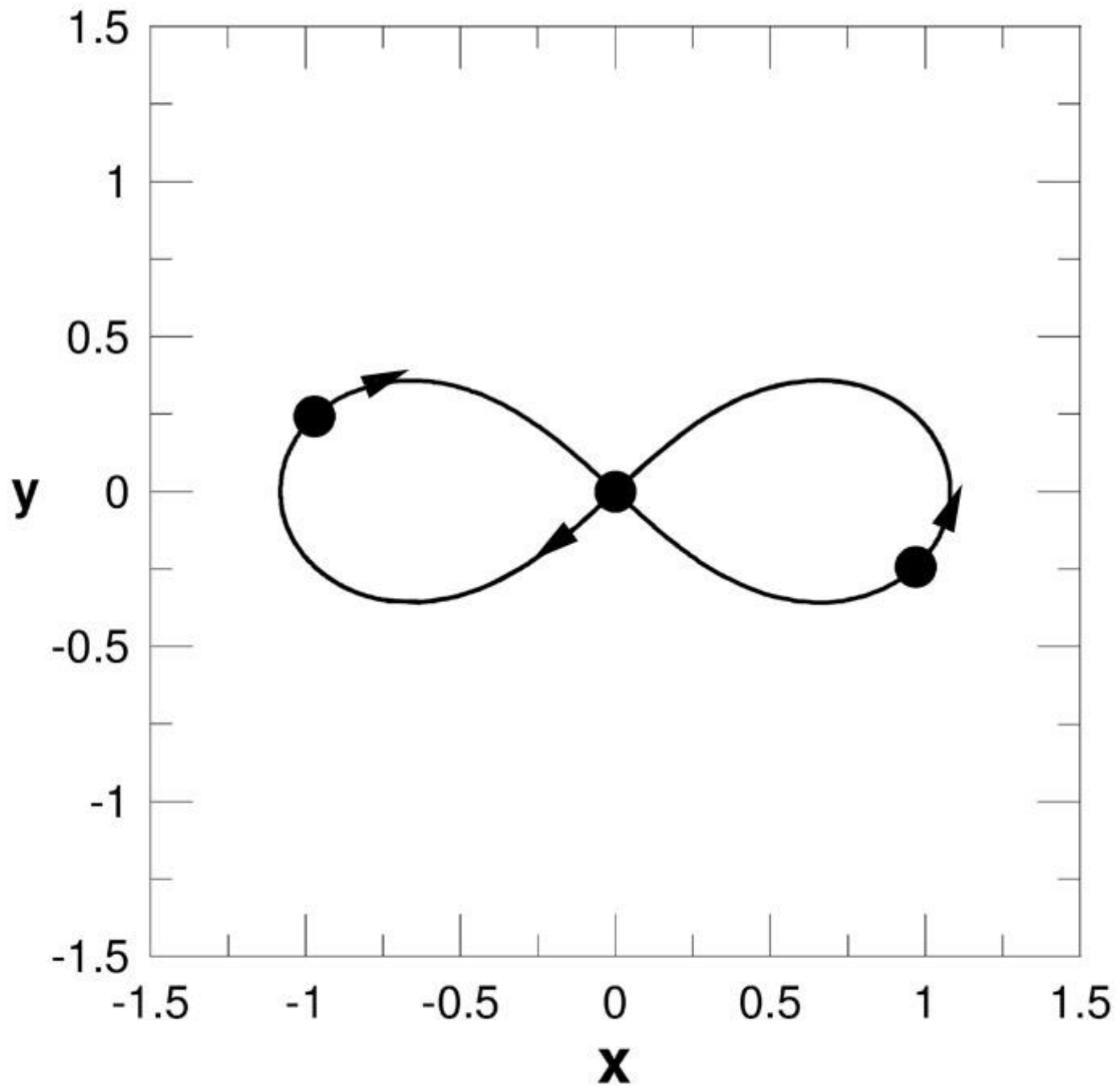
Численно эту задачу всегда можно решить, но ошибка растет  $\sim \Delta t$ .

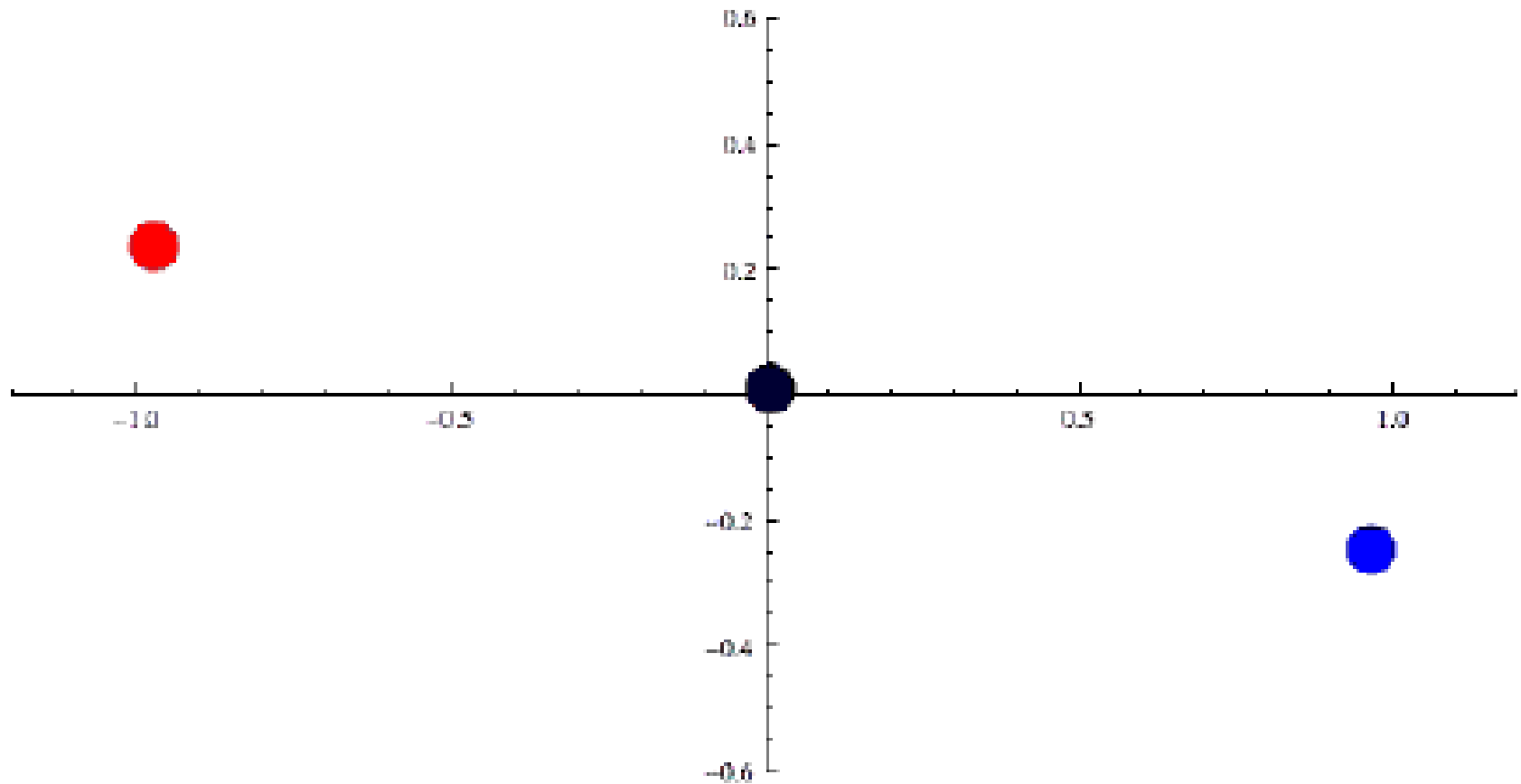
В 1912 г. финский математик К. Зундман нашел аналитическое решение в виде сходящихся рядов.

Но их сходимость невероятно медленная:  
чтобы вычислить положение Земли, Луны или Солнца с точностью, даваемой астрономическими ежегодниками, нужно взять сумму  $10^{8\,000\,000}$  членов!

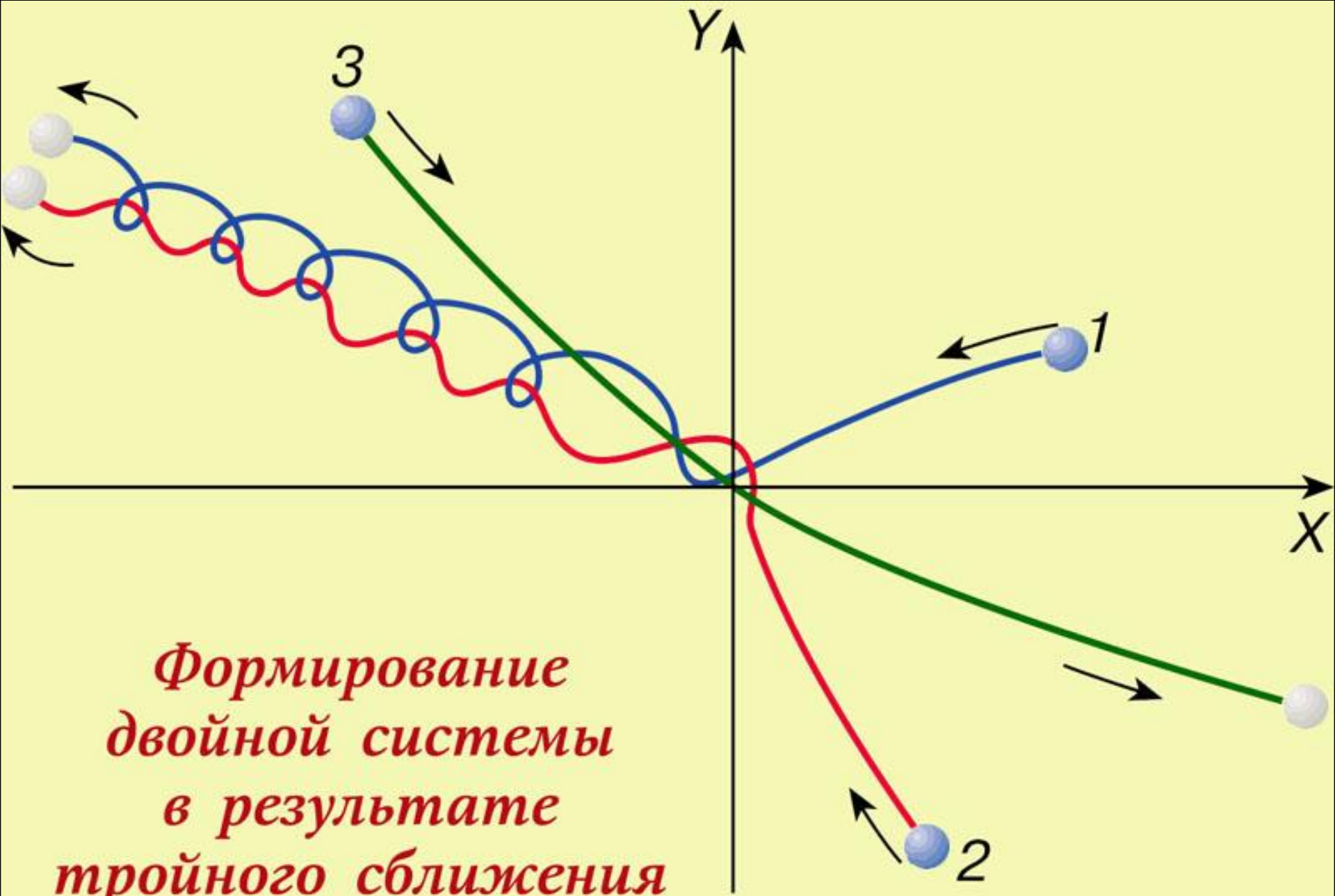








Alain Chenciner and Richard Montgomery, “A remarkable periodic solution of the three-body problem in the case of equal masses,”  
*Annals of Mathematics*, 152 (2000), (881–901)

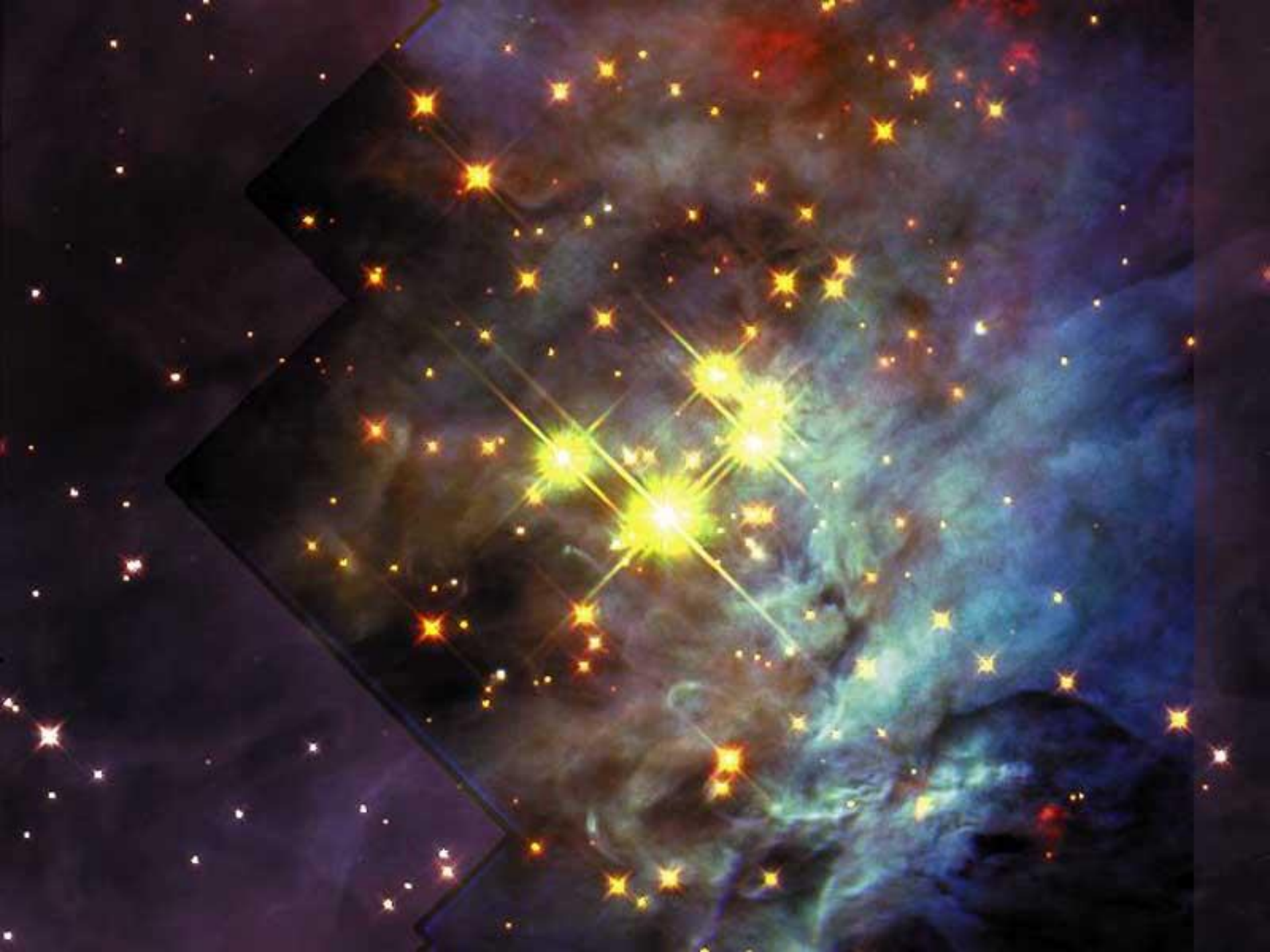


*Формирование  
двойной системы  
в результате  
тройного сближения*



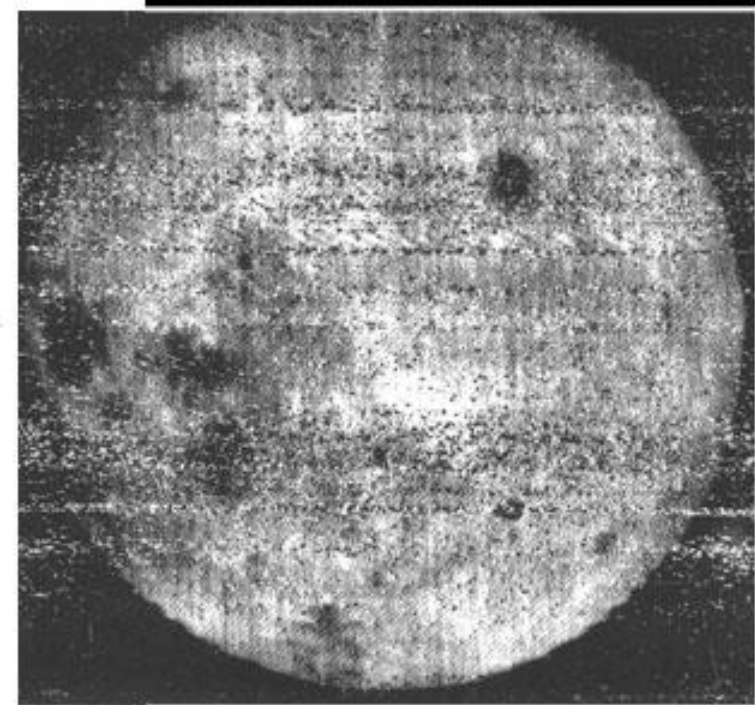
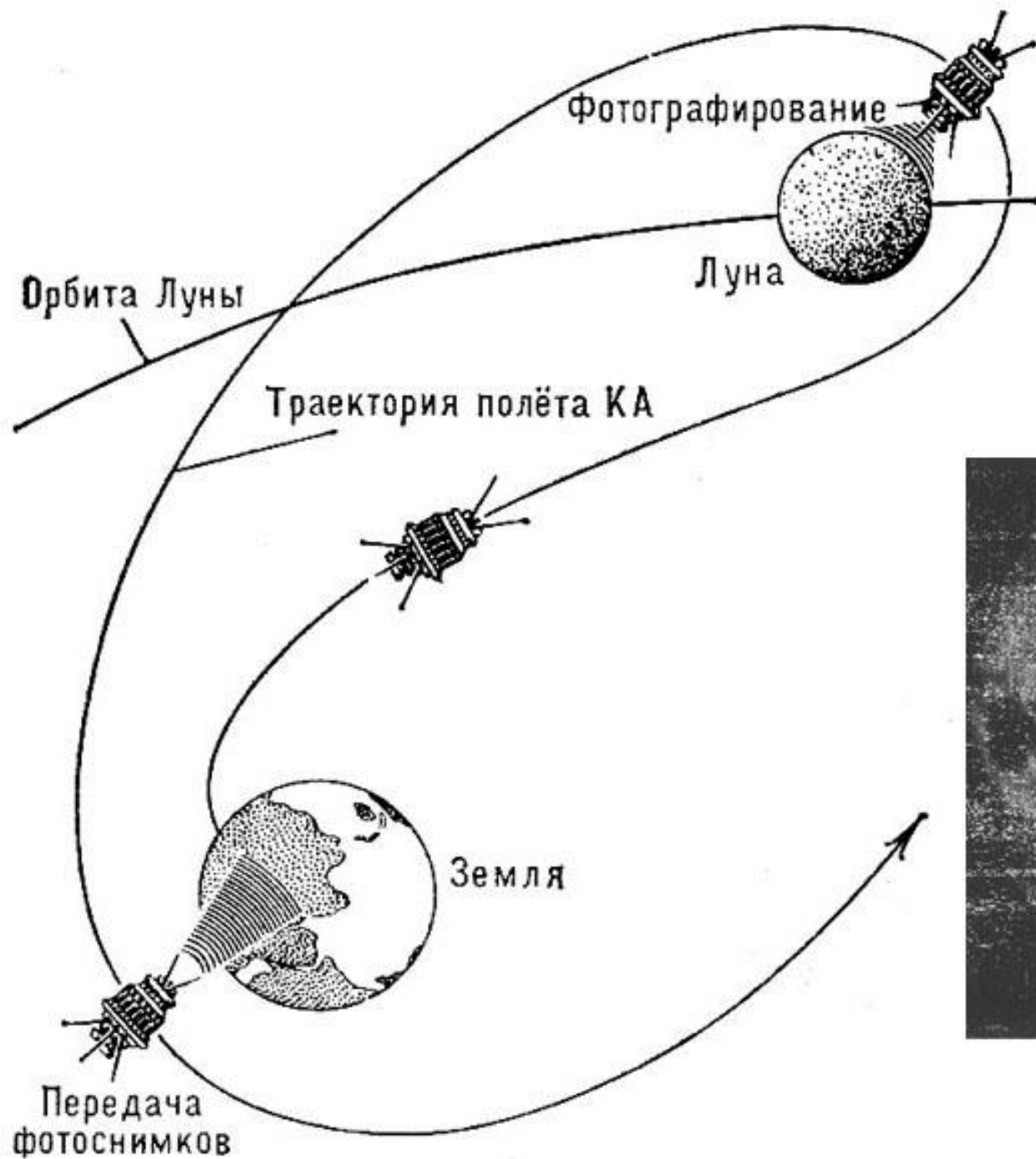


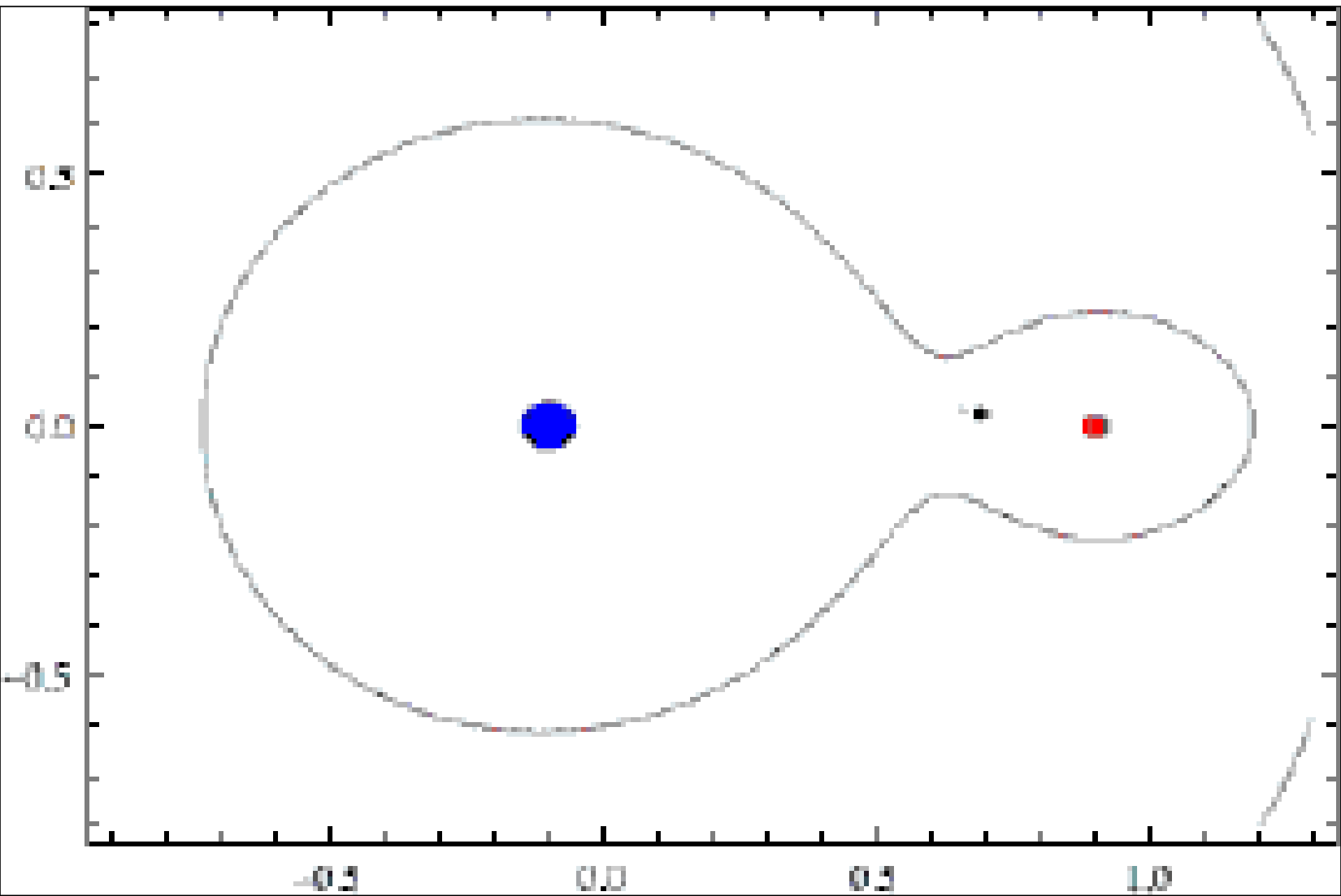




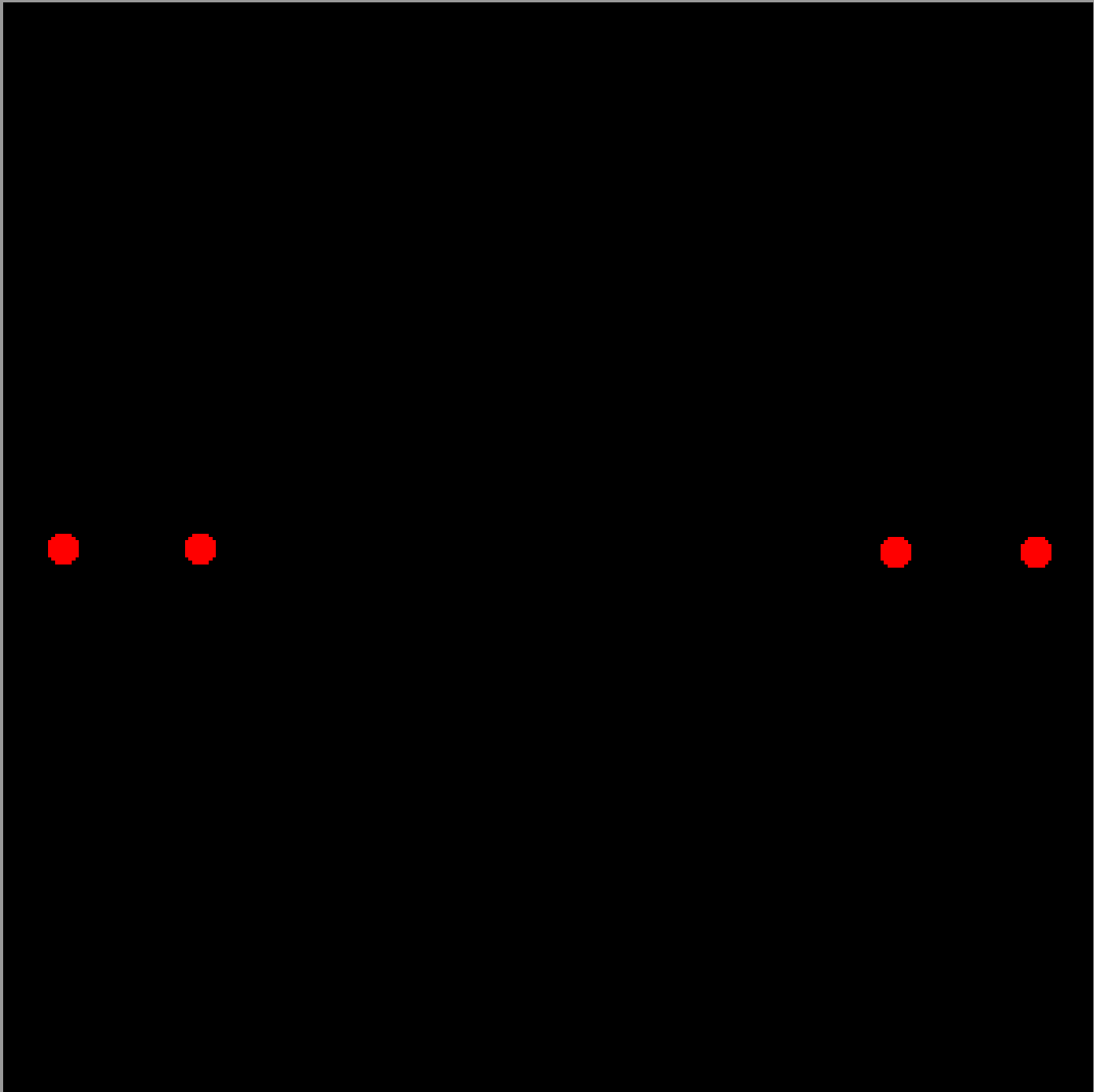
# Луна-3

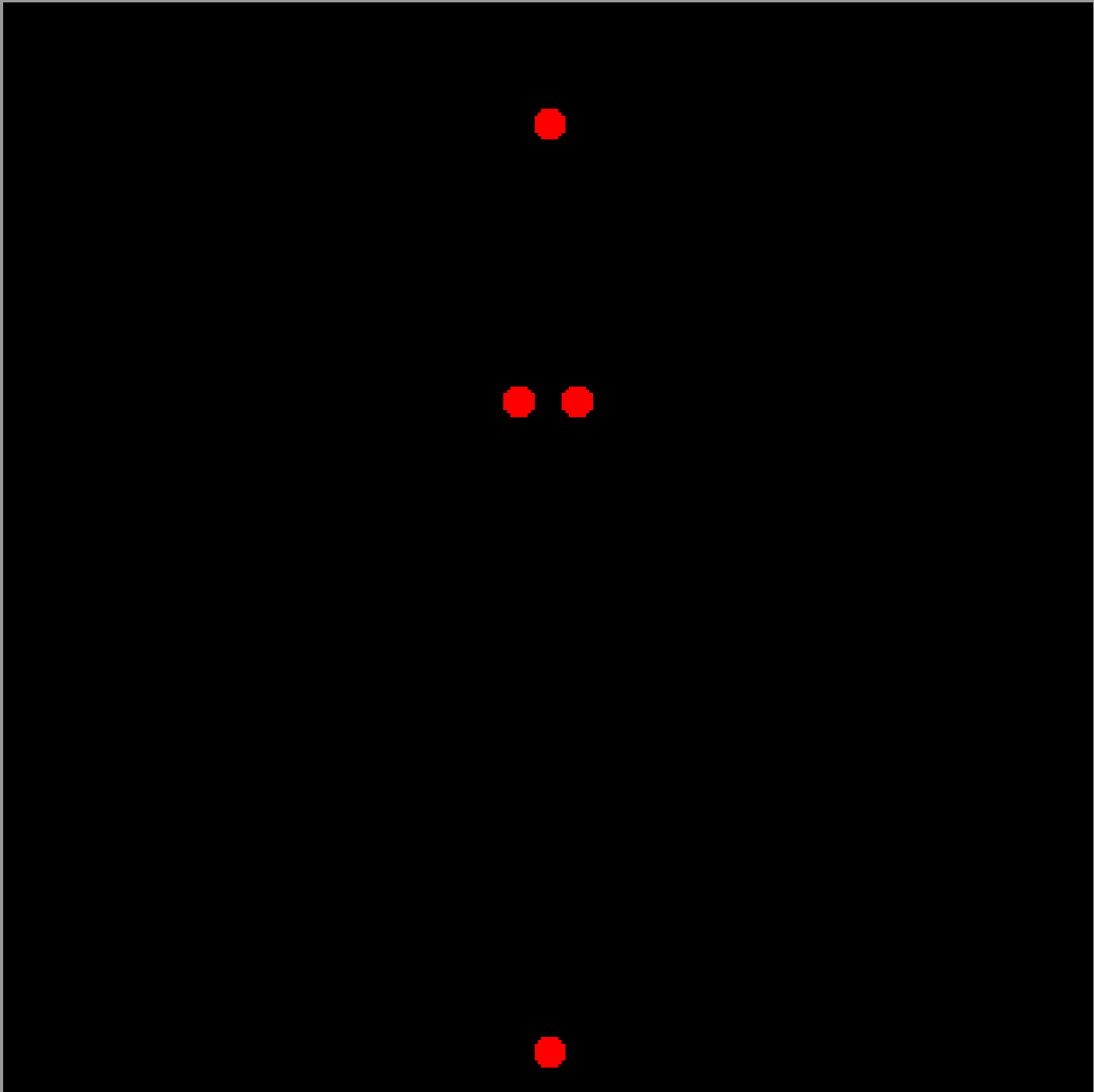
1959 г.



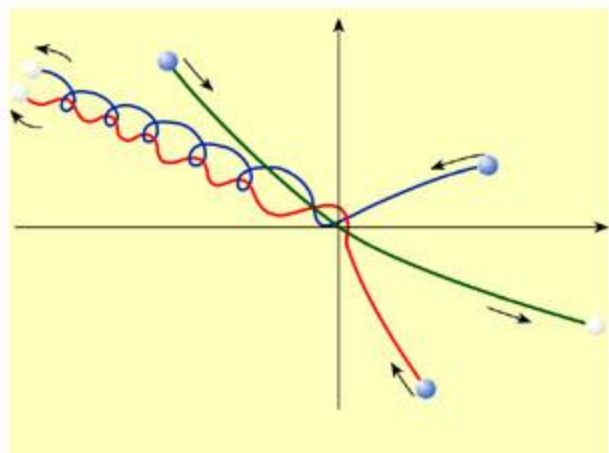




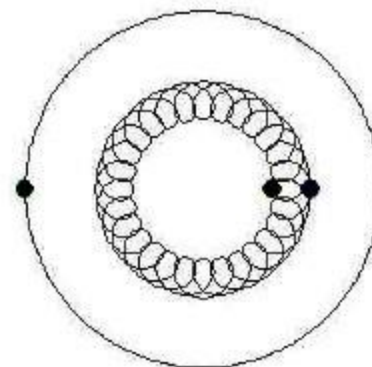




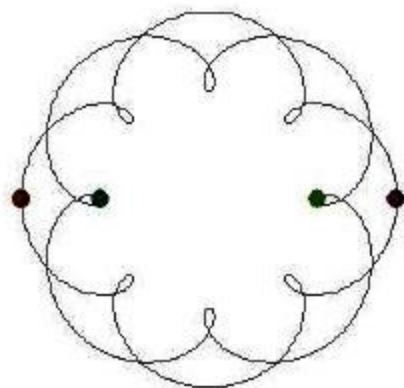
# Иерархические (условно устойчивые) и хаотические системы $N$ тел



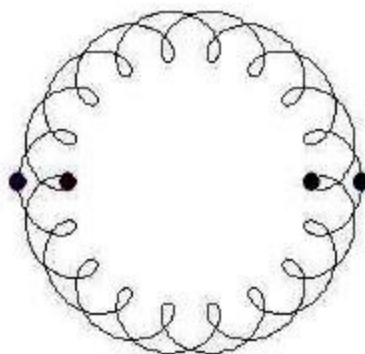
Хаотическая тройная



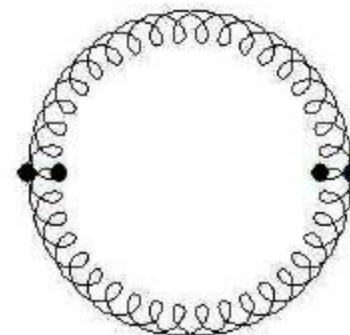
Иерархическая тройная



Менее устойчивая



Четырехкратная иерархическая



Более устойчивая





**Плеяды (M 45)     $N_{\star} > 1000$      $M = 800 M_{\odot}$**

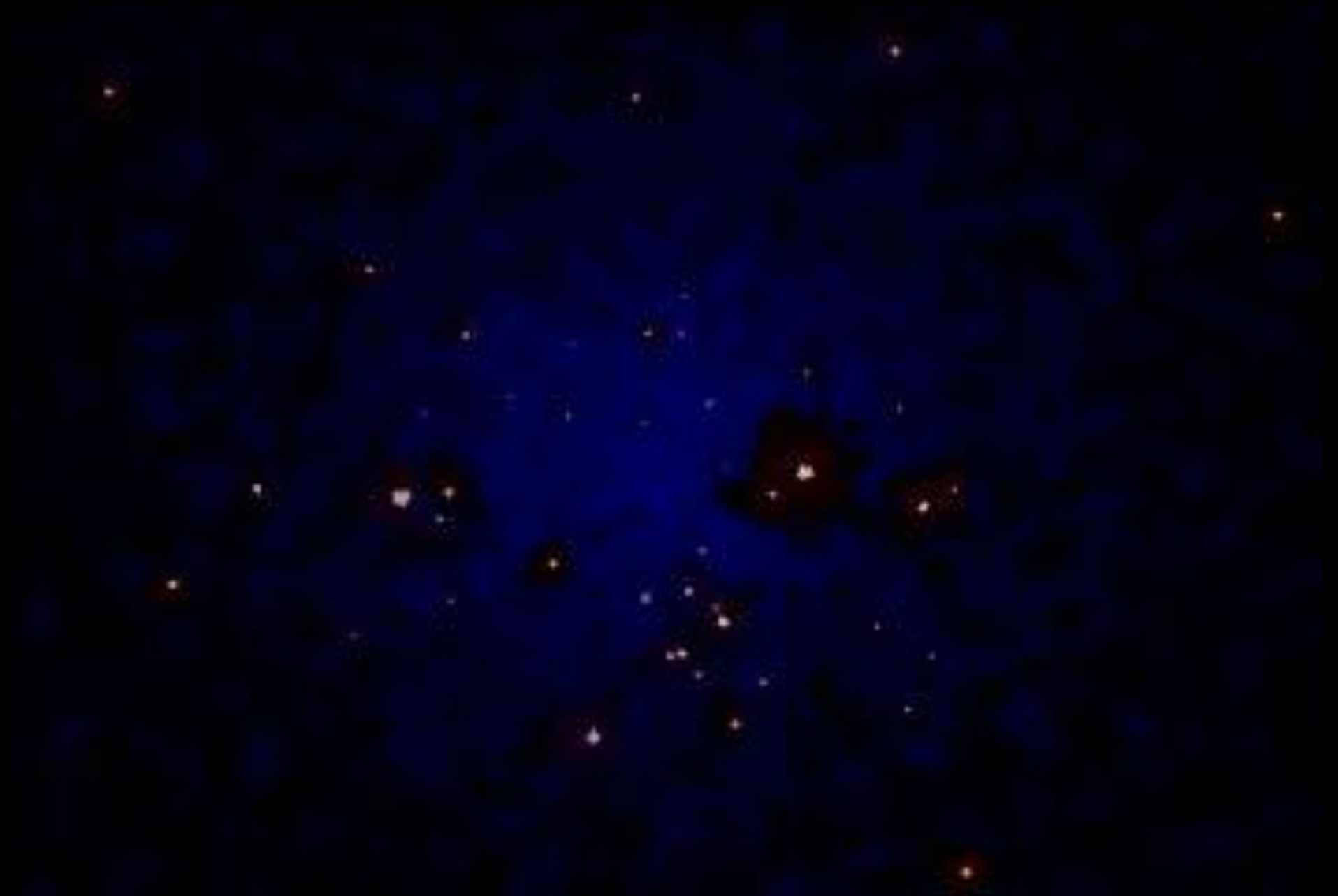


M34  $N_{\star} = 400$

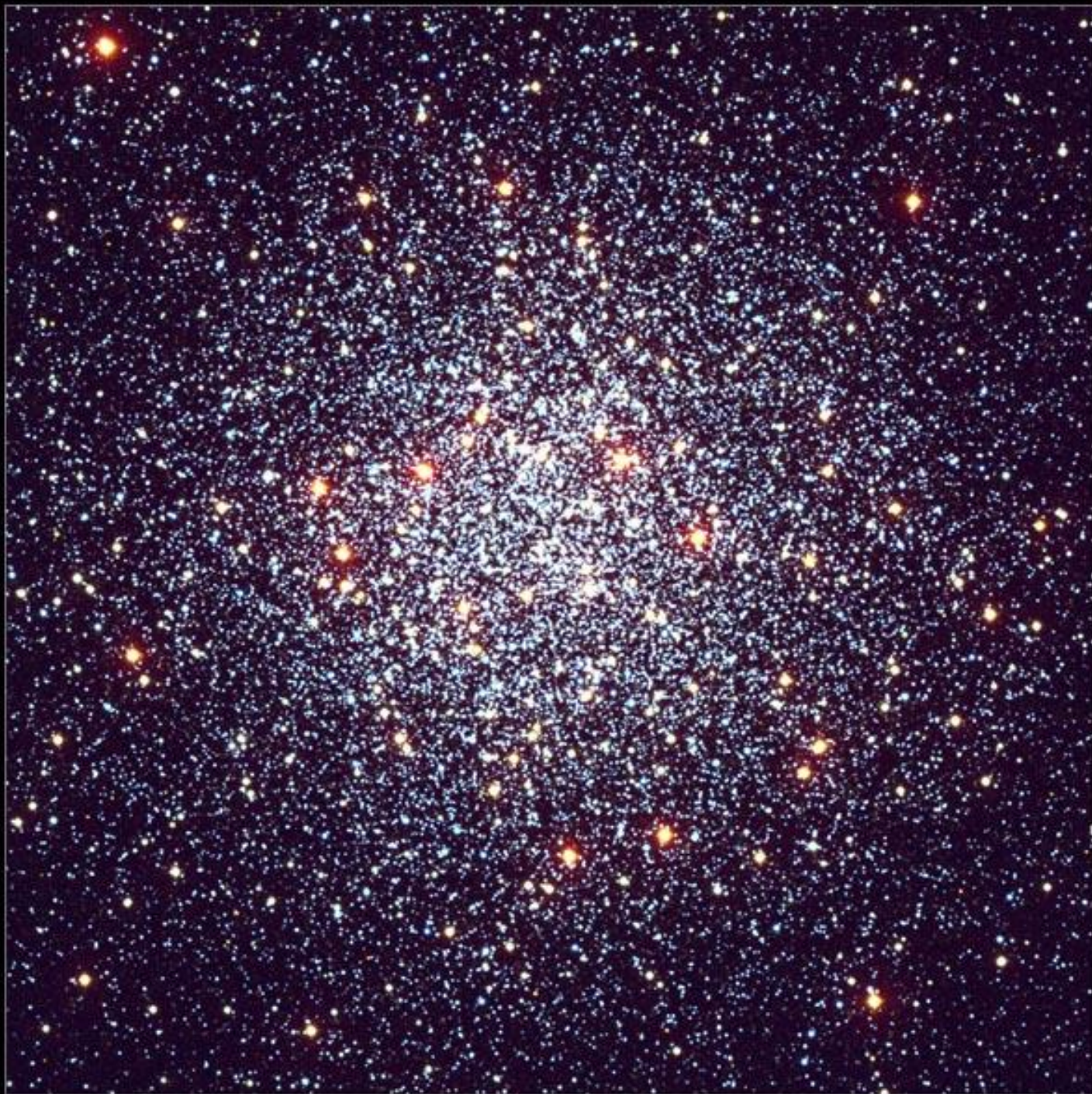
M 13



# Динамическая модель небольшого скопления звёзд разной массы



M55



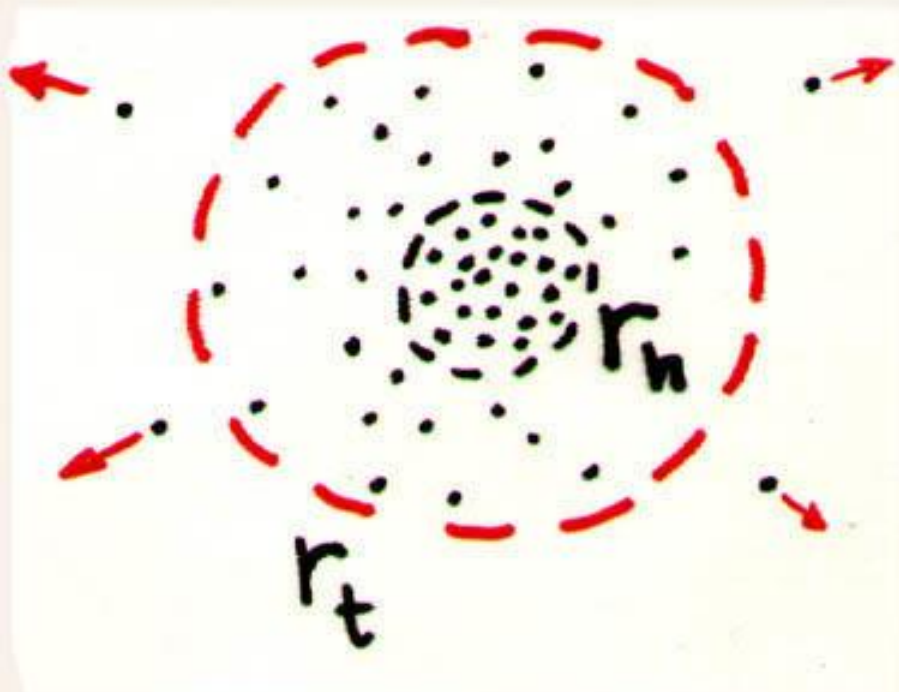
M 13



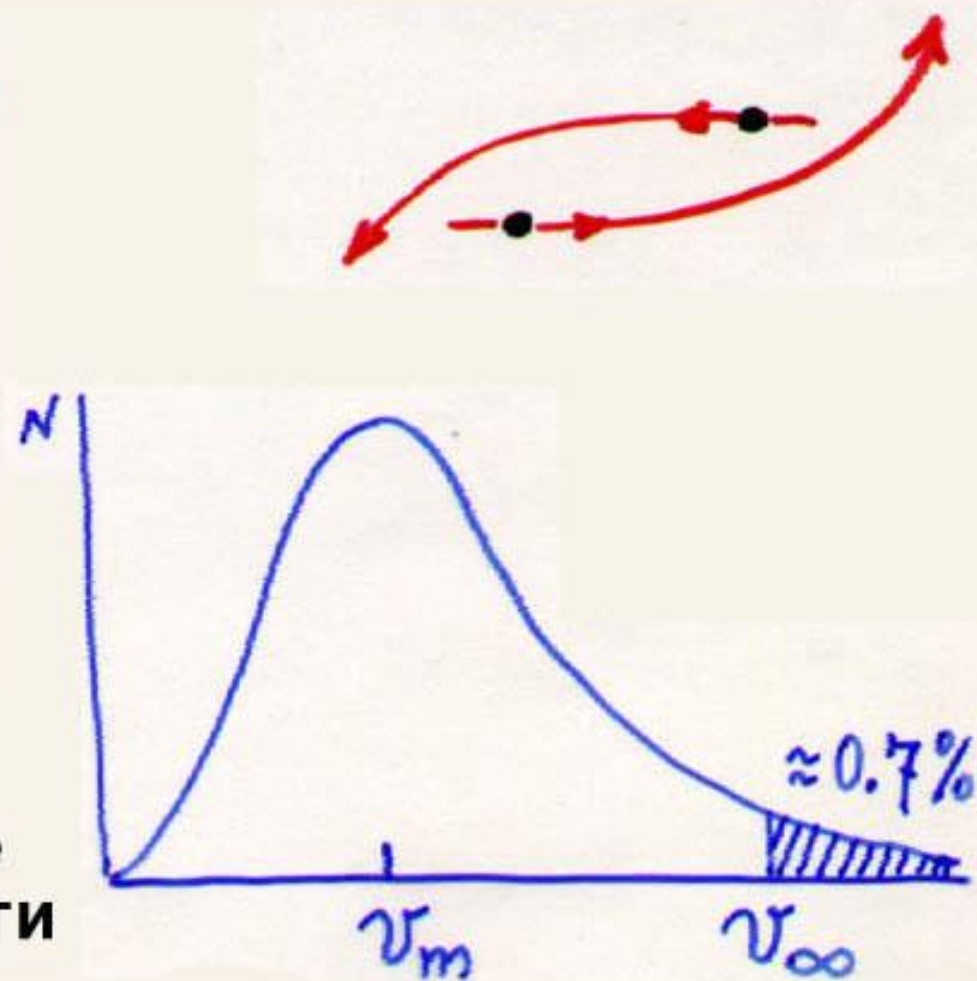
# Численная модель динамической эволюции изолированного скопления 6000 звезд



# Релаксация и испарение звёздных скоплений

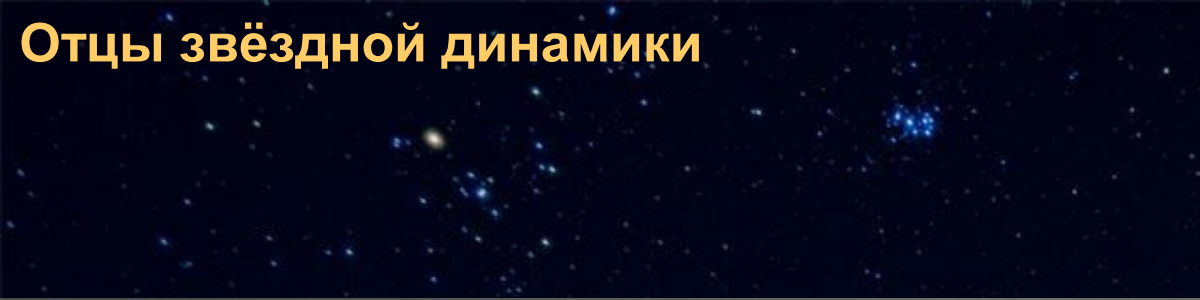


Распределение звезд по скорости





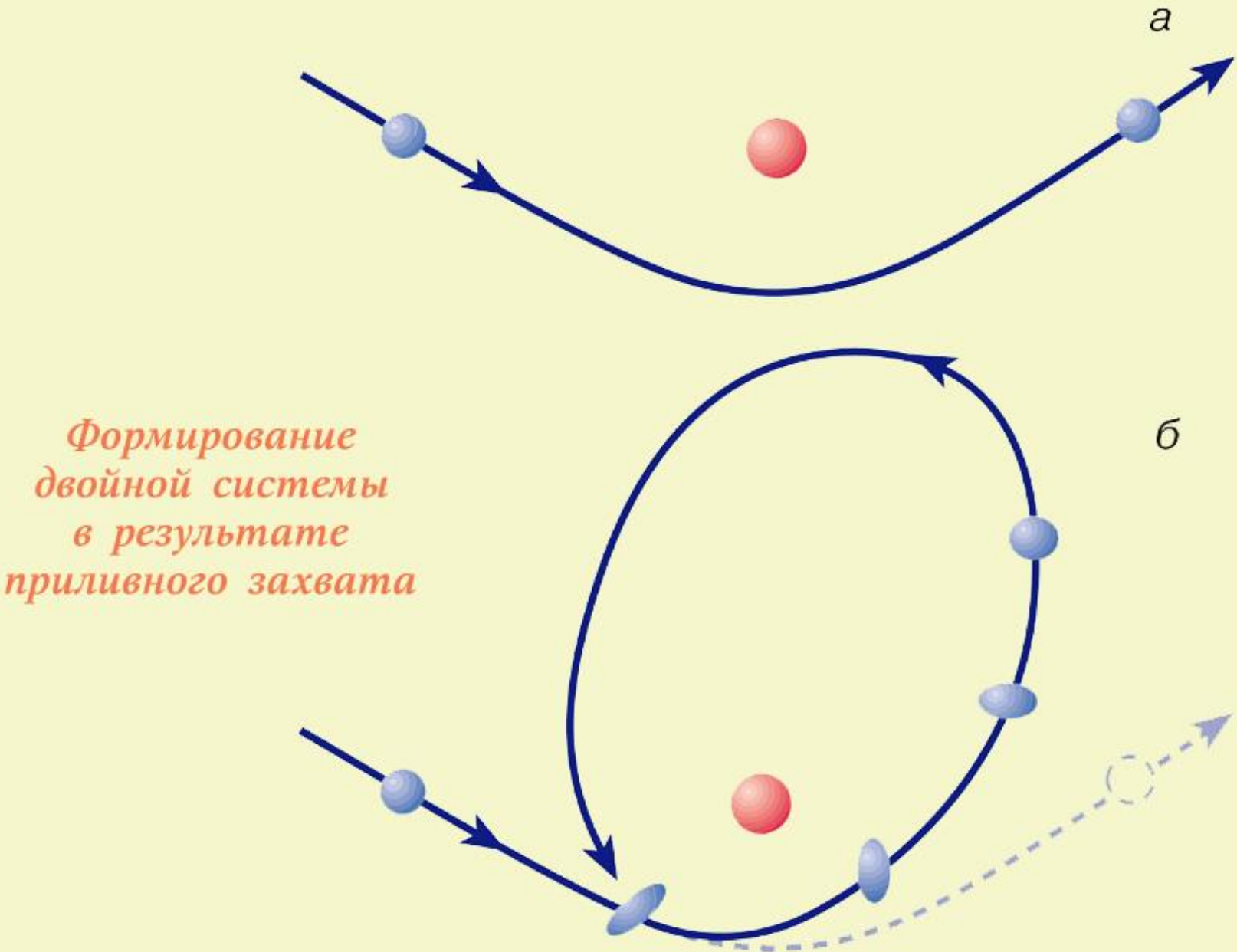
# Отцы звёздной динамики



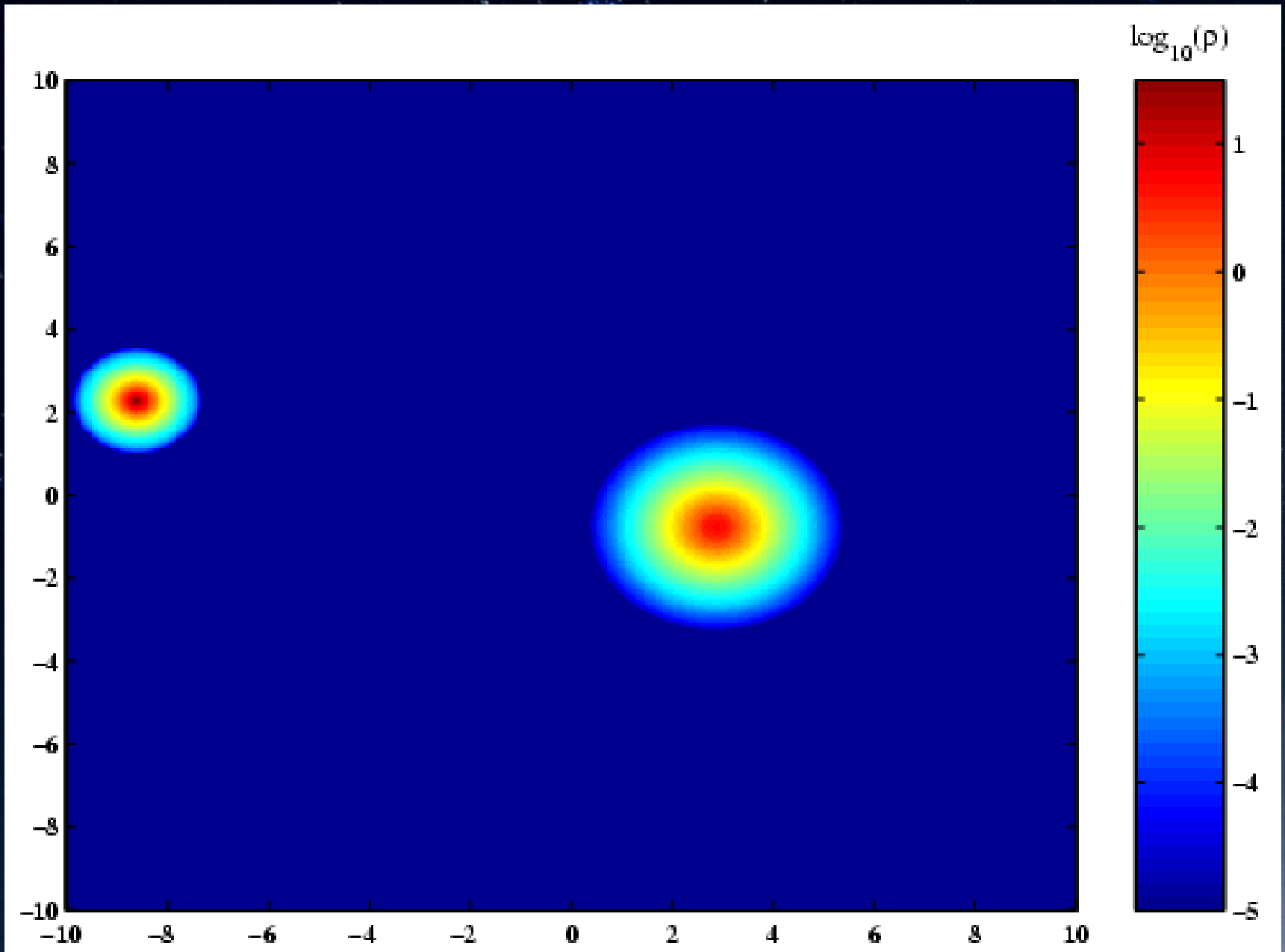


M 13

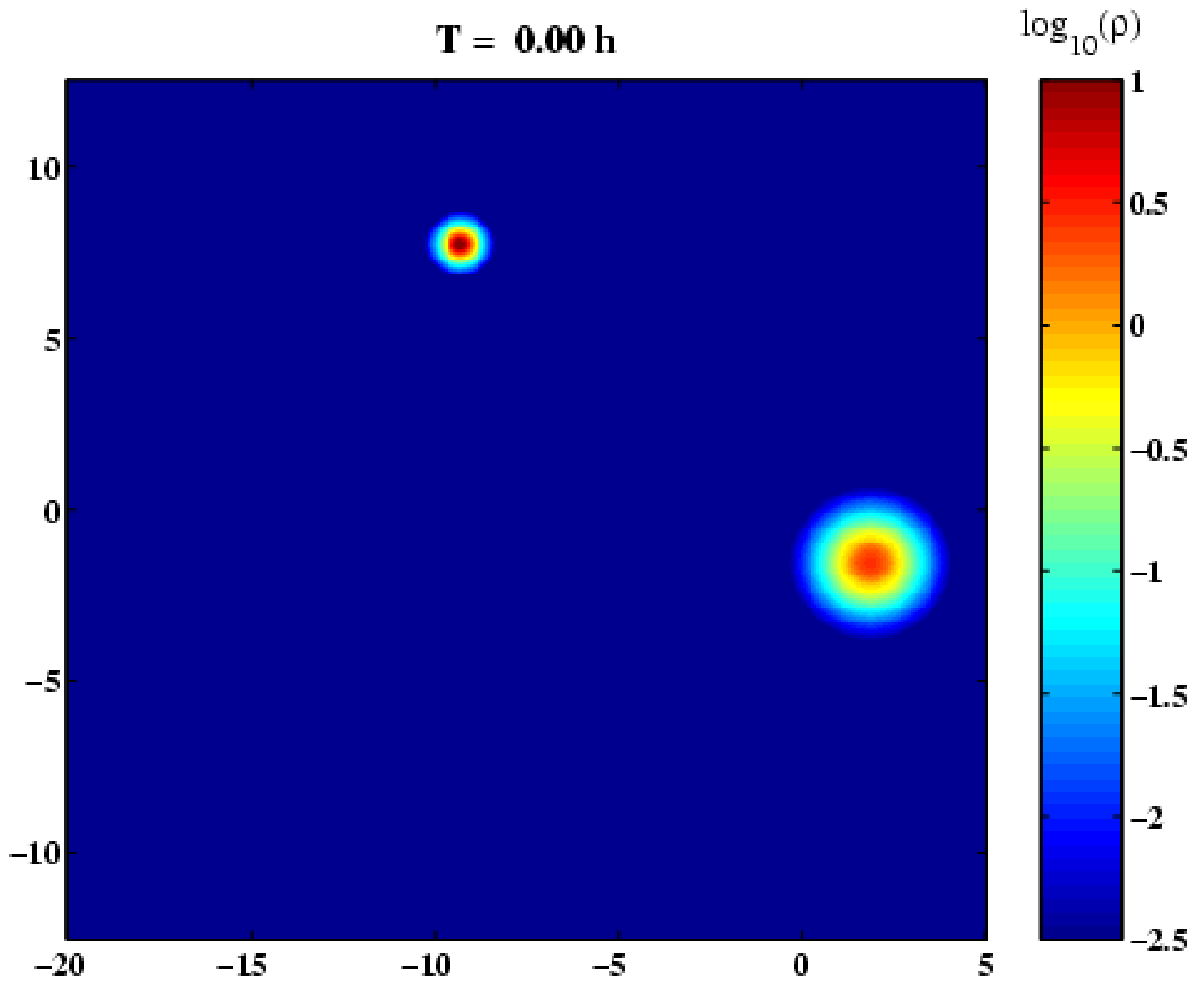
# Взаимодействие звёзд в скоплениях



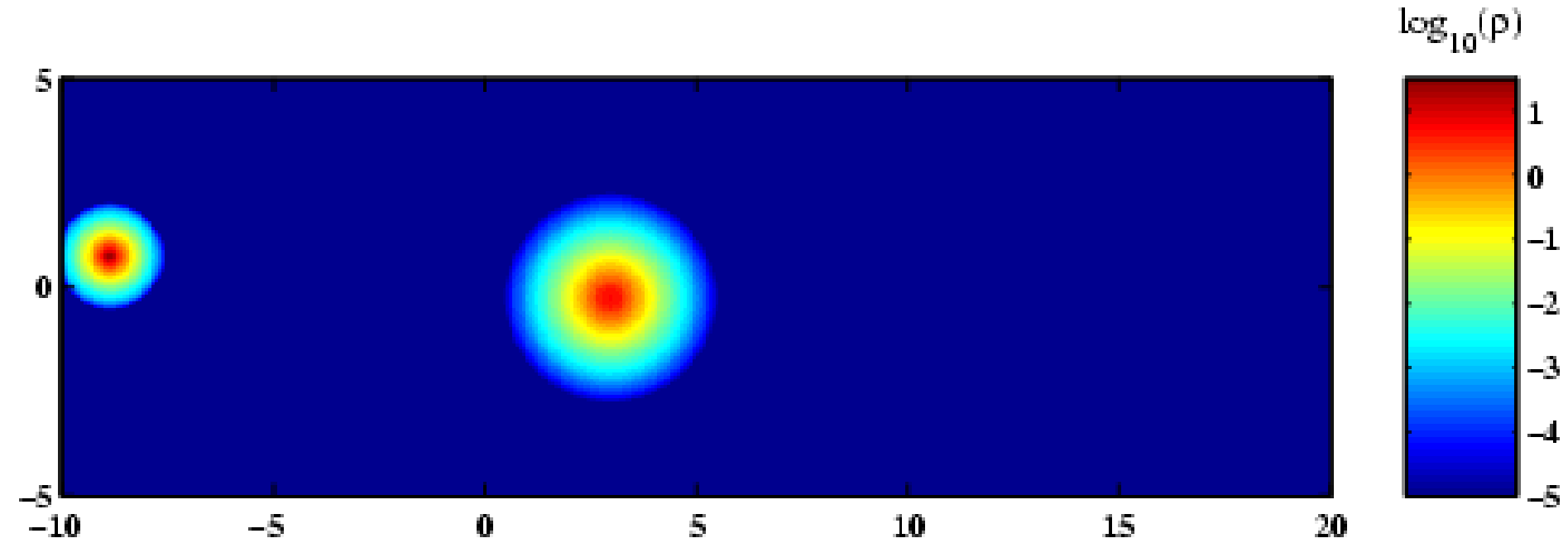
# Прямые столкновения звёзд в скоплениях



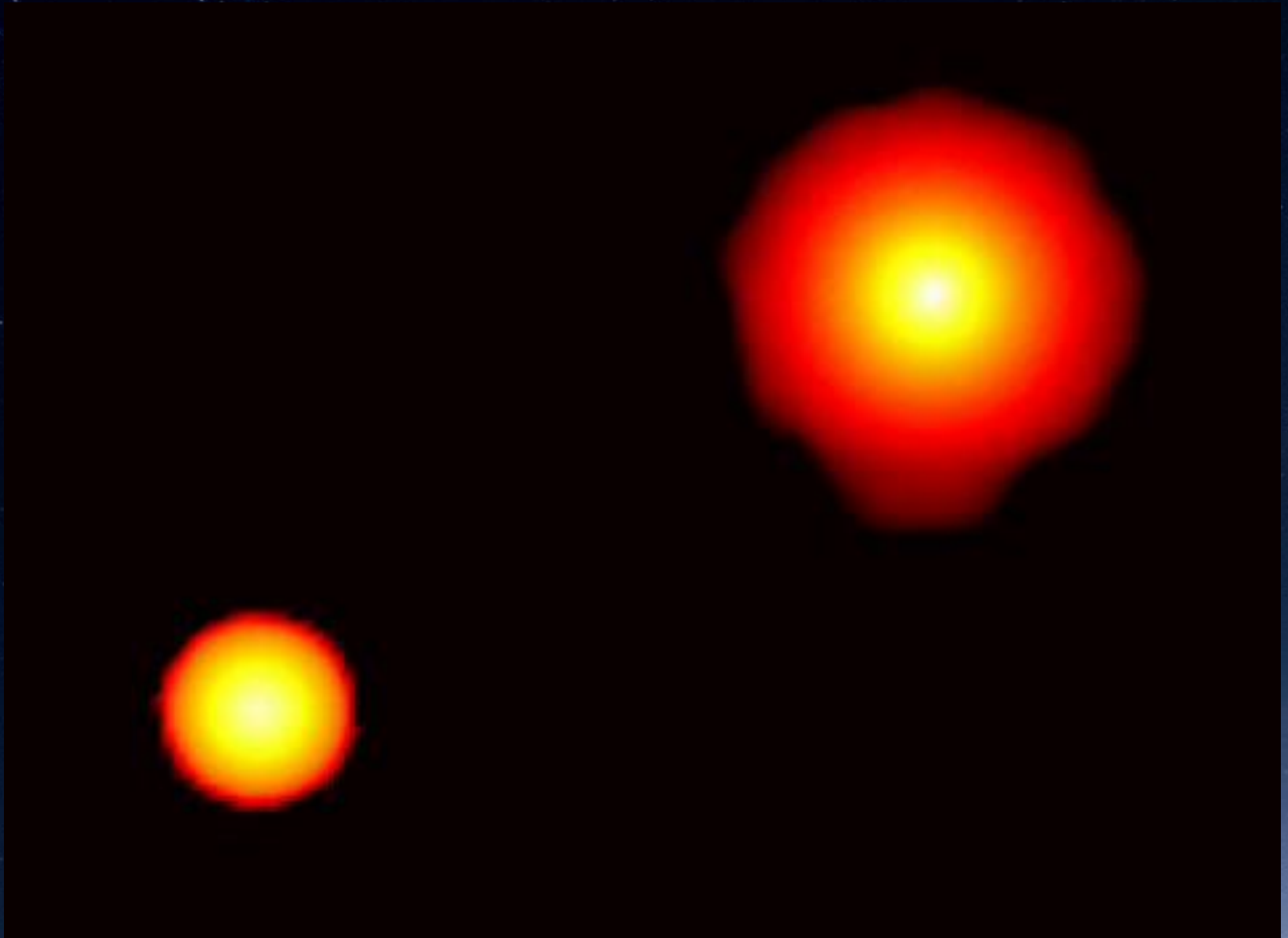
# Прямые столкновения звёзд в скоплениях



# Прямые столкновения звёзд в скоплениях



# Гидродинамика столкновений звёзд

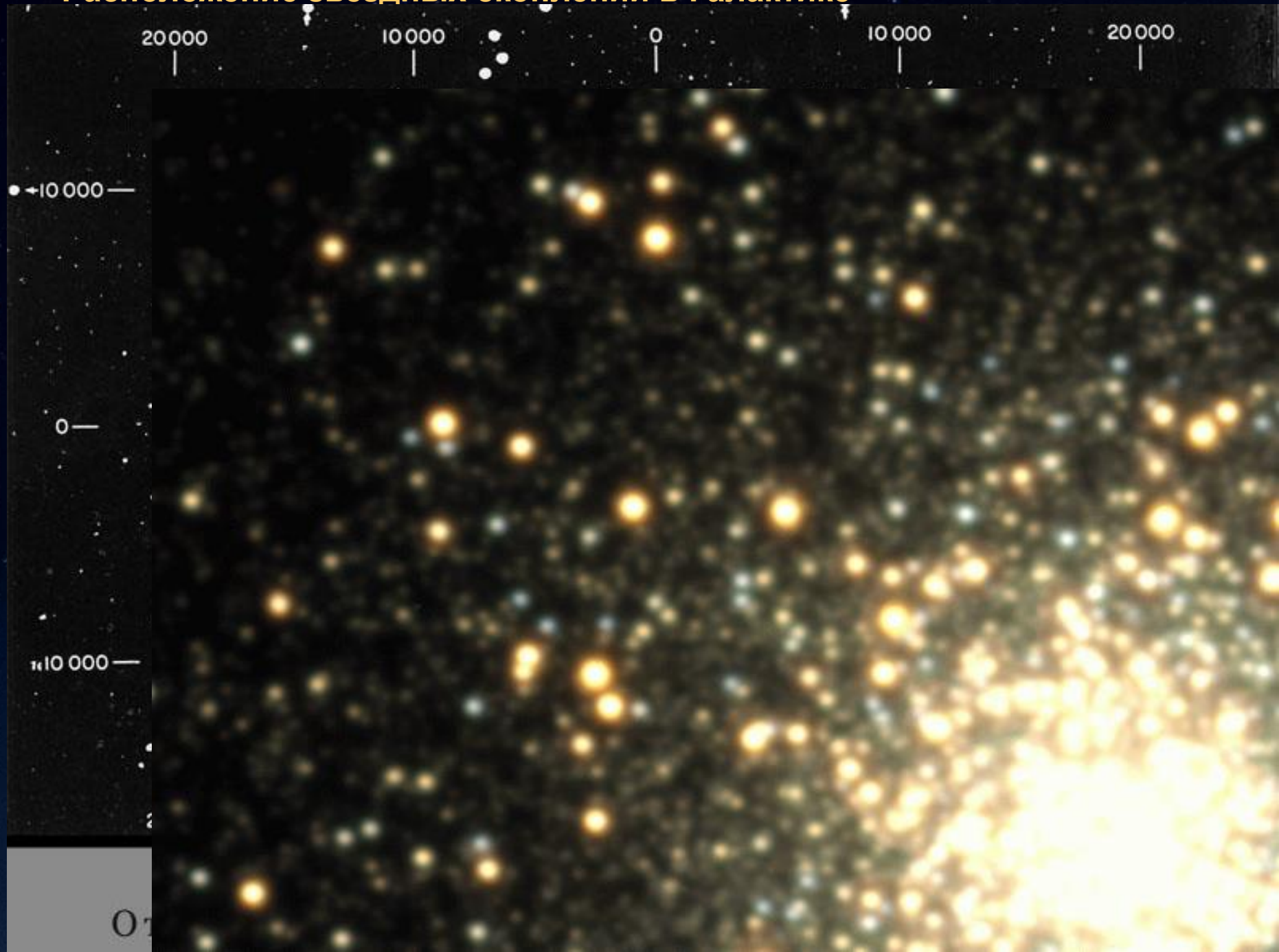


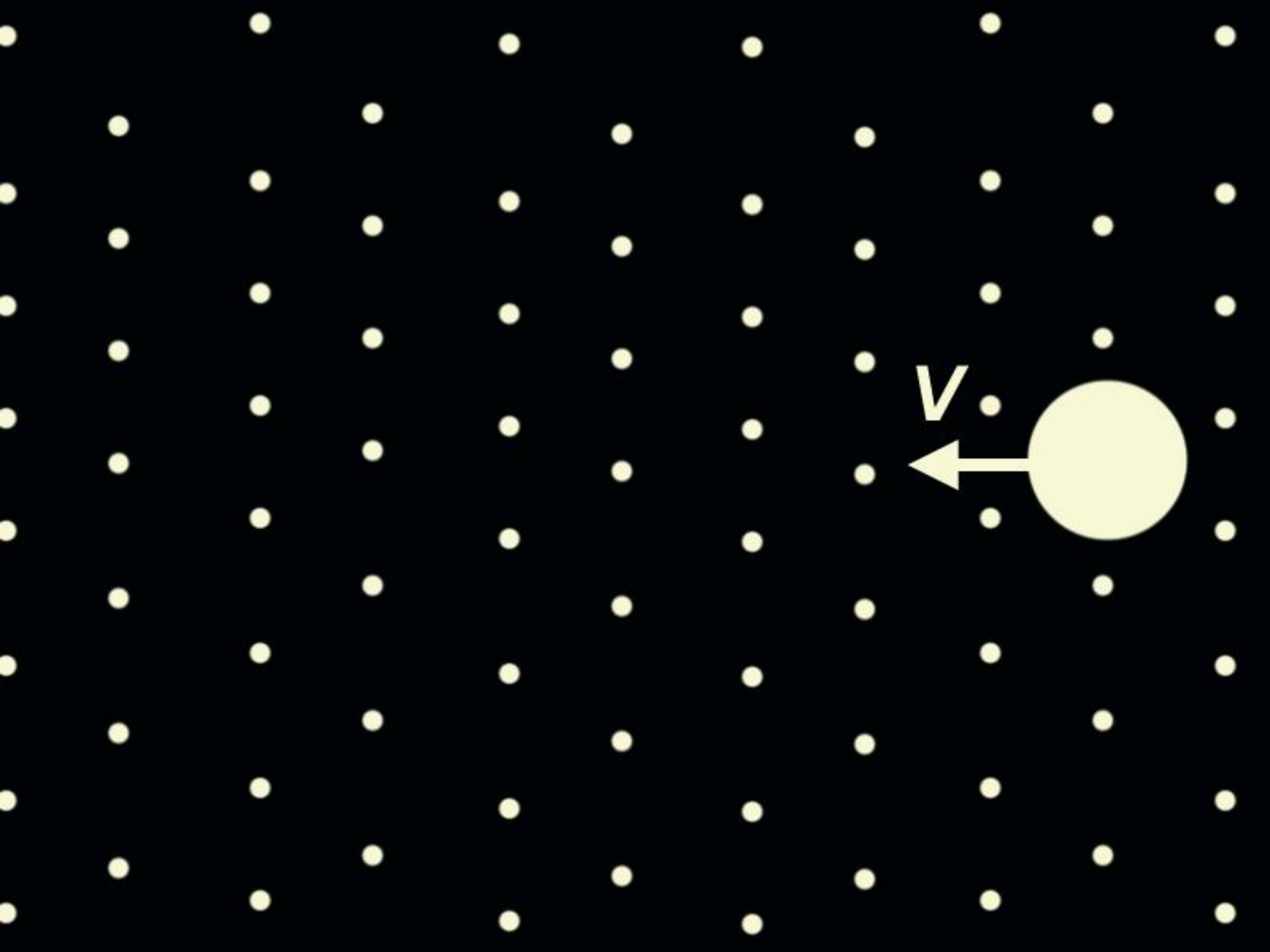
# Гидродинамика столкновений звёзд

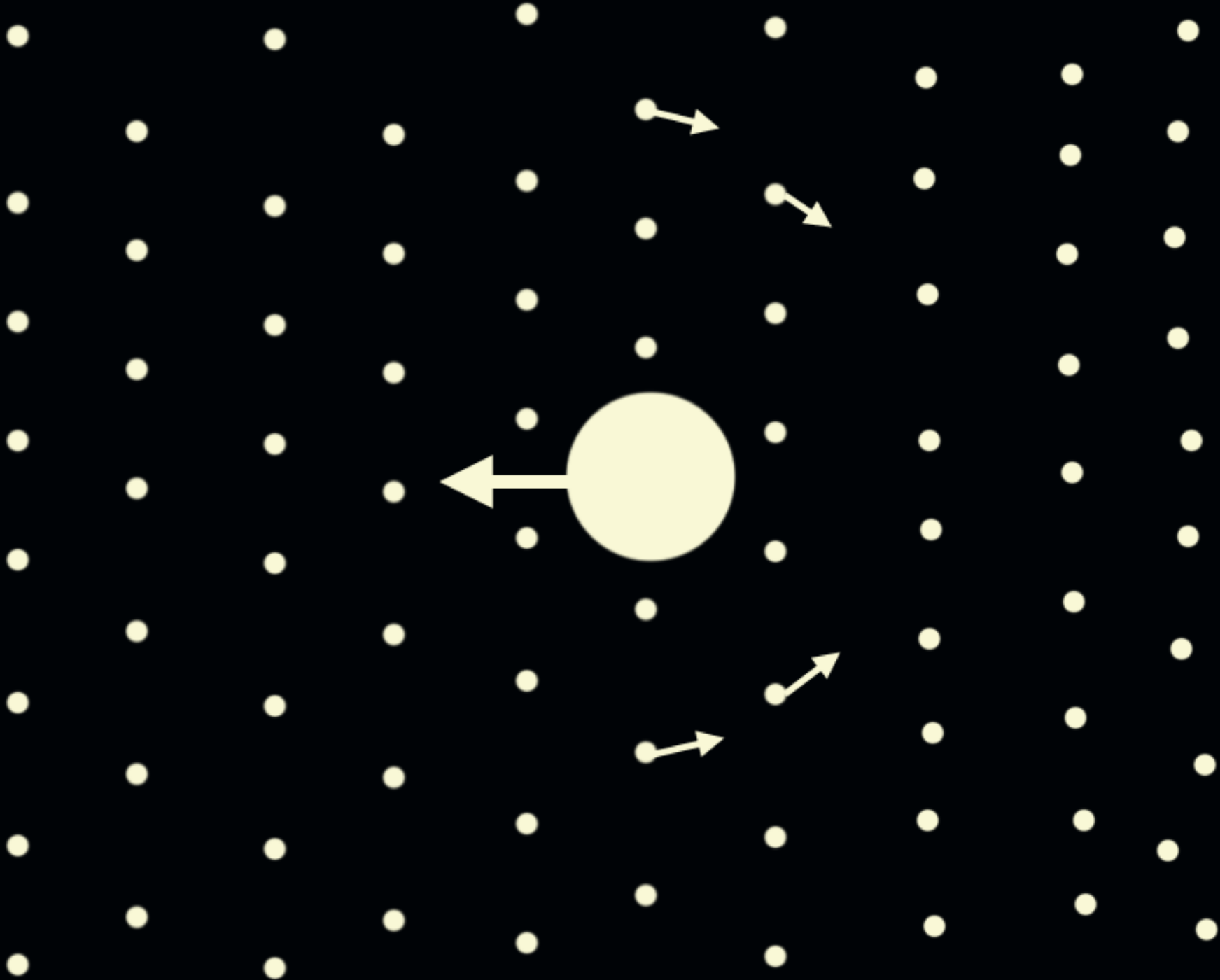


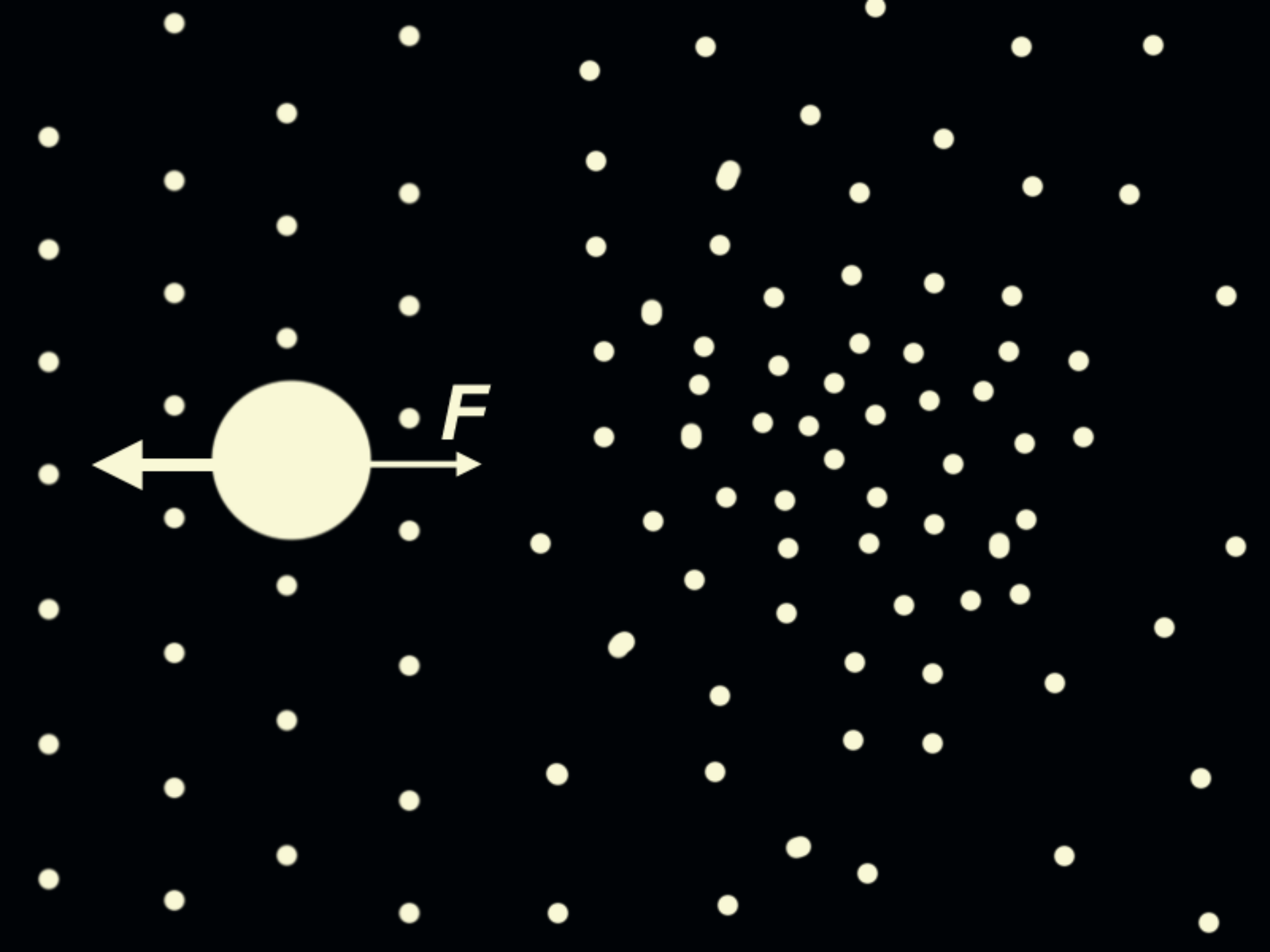


# Расположение звёздных скоплений в Галактике

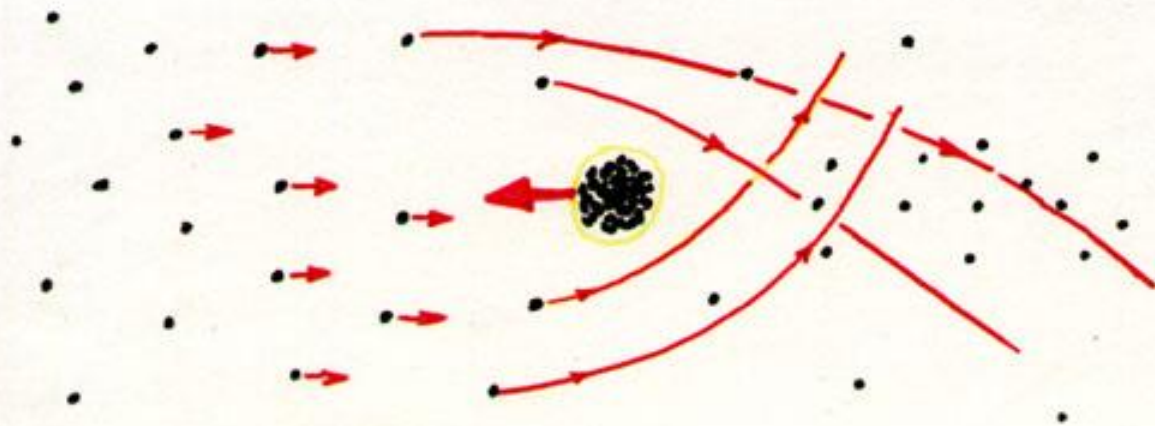






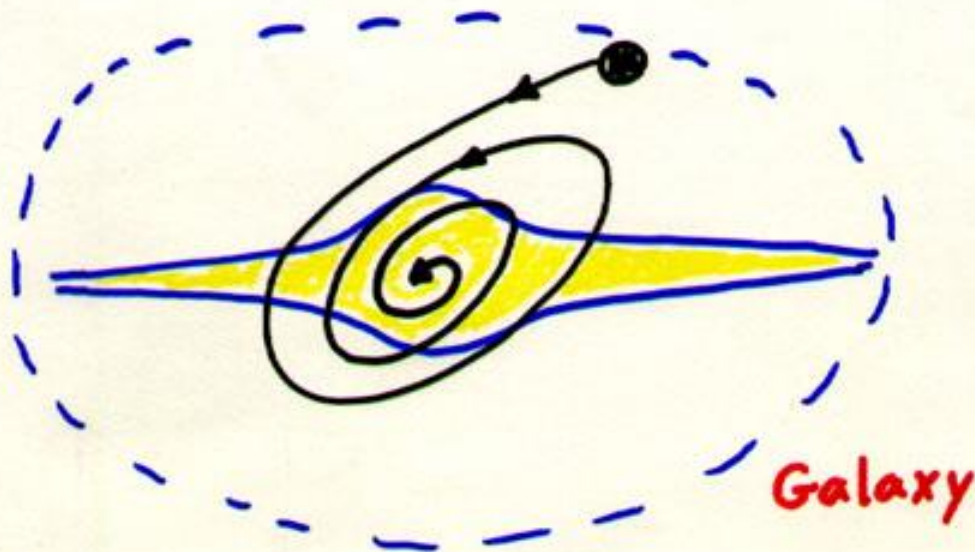


# Dynamical Friction



S. Chandrasekhar (1943)

$$\frac{1}{M} \frac{dE}{dt} = - \frac{4\pi G^2 M \rho}{v} \cdot \ln \Lambda \cdot F(v/\langle v \rangle)$$



## Динамическое трение

Так проявляется стремление системы к равномерному распределению энергий частиц

Эффект открыт теоретически Субраманьяном Чандрасекаром в 1943 г. и впервые был отмечен при анализе орбит шаровых скоплений Галактики в 1976 г.

Мы ещё много  
не понимаем  
в судьбе  
звёздных скоплений...