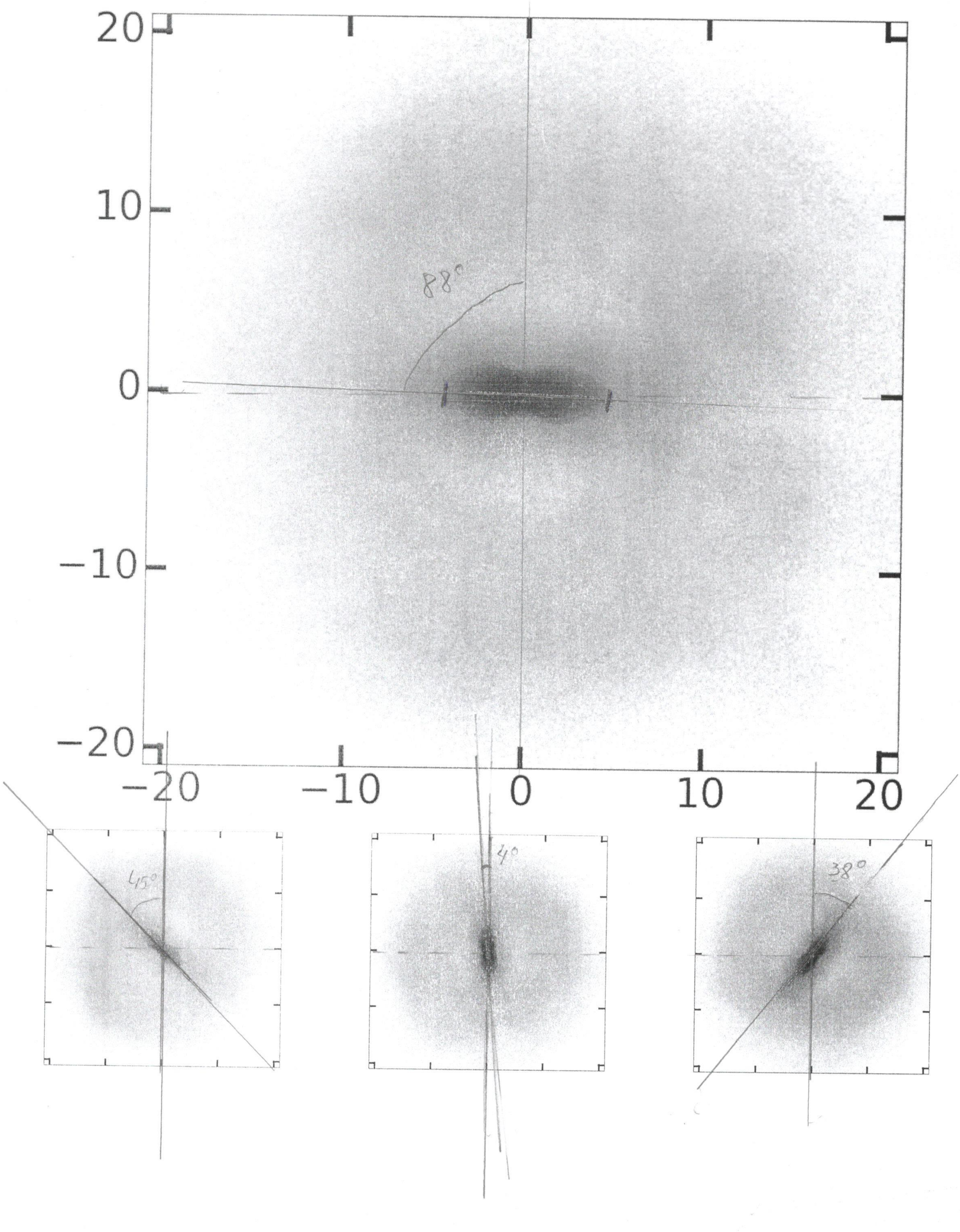

20
10
0
−10
−20
−20
−10
0
10
20
88°
45°
4°
38°

За да се определи размера на бара, трябва да се използва мащаб.
За да се сведе грешката при измерване до минимум се мери цялата хоризонтална ос (от −20 до 20 килопарсека). След това се построява и мери най-дългата линия, която може да се построи през центъра на изображението на бара.

$$40\,kpc \rightarrow 157{,}5\,mm$$

$$r\,kpc \rightarrow 34{,}5\,mm$$

Размерът r на бара е

$$r = \frac{34{,}5}{157{,}5} \cdot 40 \simeq 8{,}8\,kpc$$

Тъй като барът не е направил една пълна обиколка, единственият вариант е той да се върти по часовниковата стрелка на снимките. Построяваме на всяка от снимките:
- перпендикуляр на хоризонталната ос, минаващ през центъра на бара
- най-дългата ос на самия бар

Измерваме ъгъла между двете прави на всяка снимка: (ъгъл α)

1 снимка $\rightarrow 88^\circ = \alpha_1$

2 снимка $\rightarrow 45^\circ = \alpha_2$

3 снимка $\rightarrow 4^\circ = \alpha_3$

4 снимка $\rightarrow 38^\circ$ (в другата посока) $= \alpha_4$

Разликата в стойностите на този ъгъл е градусите, на които се е завъртял бара за $50 \cdot 10^6$ г.

Усредняваме стойностите на $\Delta\alpha$

$\Delta\alpha_1 = \alpha_2 - \alpha_1 = 43^\circ$

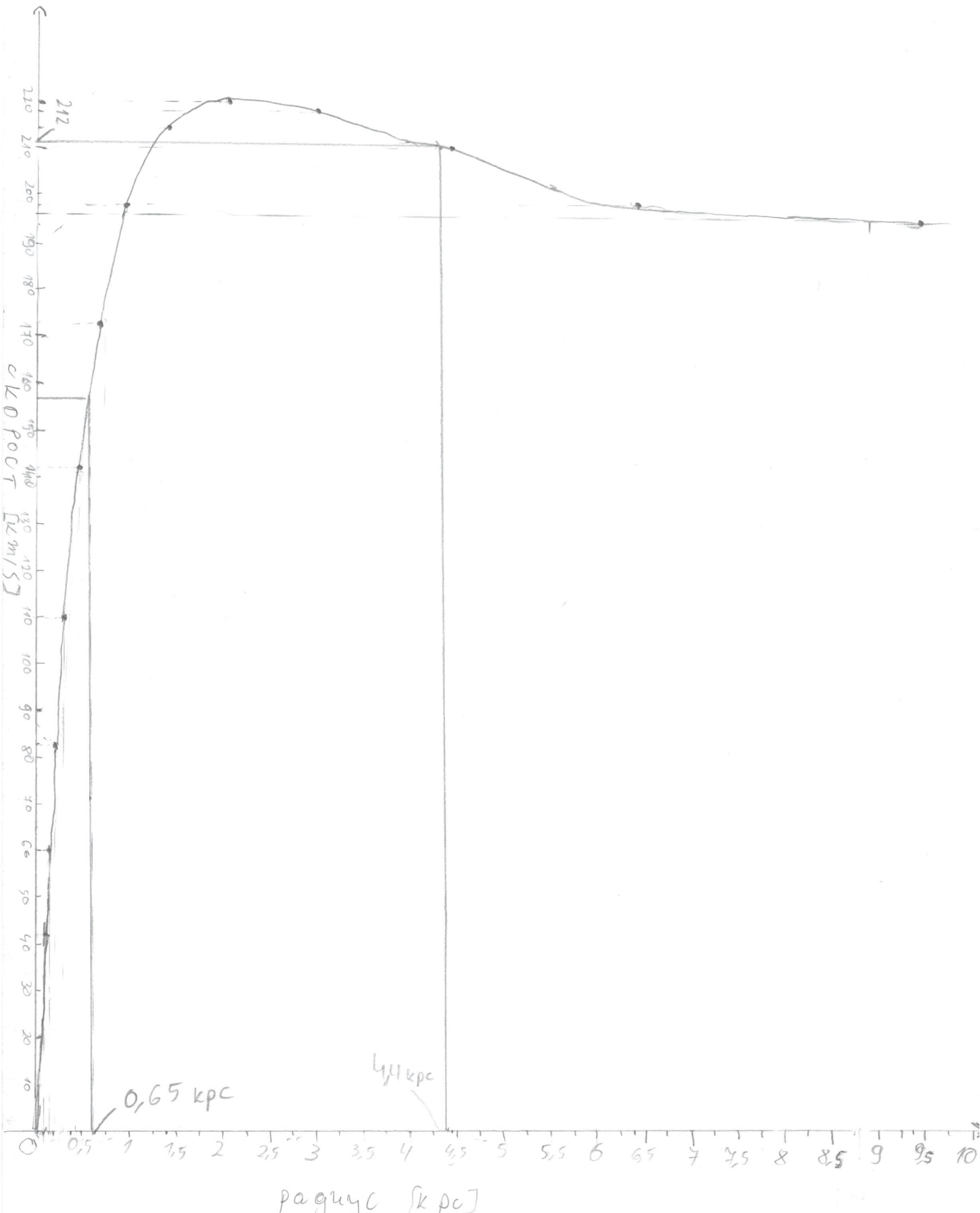
$\Delta\alpha_2 = \alpha_3 - \alpha_2 = 41^\circ$

$\Delta\alpha_3 = \alpha_4 + \alpha_3 = 4 + 38 = 42^\circ$

$\overline{\Delta\alpha} = \Delta\alpha = 42^\circ$

За $50 \cdot 10^6$ г. барът се завъртa на средно 42°. Следователно ъгловата скорост ω е:

$$\omega = \frac{42}{50 \cdot 10^6} = 0{,}84 \cdot 10^{-6} \ ^\circ/\text{г.}$$



скорост [km/s]
радиус [kpc]
212
0,65 kpc
4,4 kpc

* При построяването на графиката са пренебрегнати последните две стойности, тъй като в следващите подусловия ще бъдат нужни данни от графиката до $R = 10$ kpc (разстоянието от центъра). Също така за $R = 20$ kpc има конкретна стойност в таблицата и няма нужда да се мери по графиката

За гравитационното привличане и обикаляне на звезда около центъра на галактиката, има значение само масата, намираща се между въпросната звезда и центъра (общото гравитационно влияние на по-външния пръстен е равно на нула). Освен това тази вътрешна част оказва общото гравитационно влияние, което би оказвало тяло със общата маса в центъра. Тъй като звездите обикалят по приблизително кръгови орбити, то можем да запишем, че за звезда, обикаляща на разстояние R от центъра на галактиката и маса M на вътрешния слой, скоростта ѝ е равна на:

$$V^2 = \frac{\gamma \cdot M}{R}$$

Нека сравним тази скорост със скоростта на Земята (орбиталната; $R_З = 1 AU$; $M = M_\odot$)

$$\left(\frac{V}{V_З}\right)^2 = \frac{M}{R} \cdot \frac{R_З}{M_\odot}$$

$$\left(\frac{V}{V_З}\right)^2 = \frac{M_{(M_\odot)}}{R_{[AU]}}$$

$$M_{(M_\odot)} = \left(\frac{V}{V_З}\right)^2 \cdot R_{[AU]}$$

При тази галктичка радиусът на балджа съвпада с този на бара $R_б = 4{,}4 kpc$

От графиката измерваме скоростта при $R_б = 4{,}4 kpc$ $V_б = 212 km/s$

За $R = 20 kpc$ е дадено, че $V = 192 km/s$

Тогава:

$$M_б (M_\odot) = \left(\frac{212}{30}\right)^2 \cdot 4,4 \cdot 10^3 \cdot 206265 =$$

$$\cong 7^2 \cdot 4,4 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^5 =$$

$$= 49 \cdot 8,8 \cdot 10^8 =$$

$$= 49 \cdot 9 \cdot 10^8 =$$

$$= 441 \cdot 10^8 = 4,41 \cdot 10^{10} [M_\odot]$$

$$M_{20кpc} (M_\odot) = \left(\frac{192}{30}\right)^2 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^5 =$$

$$= 42 \cdot 4 \cdot 10^9 =$$

$$= 168 \cdot 10^9 =$$

$$= 16,8 \cdot 10^{10} [M_\odot] = 1,68 \cdot 10^{11} [M_\odot]$$

Масата на балджа е $M_б = 4,41 \cdot 10^{10} (M_\odot)$; а тази на разстояние 20 kpc:

$$M_{20кpc} = 1,68 \cdot 10^{11} [M_\odot]$$

Ъгловата скорост на звездите в ~~рад~~ радиуса на коротация съвпада с тази на бара. Тъй като начертаната графика е скорост от разстояние, а ъгловата скорост е $\omega = \frac{V}{R}$, то ние търсим частта от графиката, при която наклонът е един и същ → до където графиката е права линия.

По този начин определяме (приблизително) радиуса на коротация по графиката.

$R_к \approx 0,65$ kpc

Тъй като $\frac{R_к}{R_б} = \frac{0,65}{4,4} \approx 0,15 \ll 1,4$, то

барът на тази галактика е бърз.

345mm
34mm
2mm

$345 : 5 = 69$

$1575 : 5 = 315 : 3 = 105 : 5 = 21$

157,5mm → 40 pc
34mm → x pc

$x = \frac{34{,}5 \cdot 40}{157{,}5} = \frac{345 \cdot 40}{1575} = \frac{69 \cdot 40}{315} = \frac{23 \cdot 40}{105} =$

10mm → x

$= \frac{23 \cdot 8}{21} = 184 : 21 = 8{,}76 \approx 8{,}8$ pc

49mm → 40 pc

$x = \frac{10}{49} \cdot 40$

$x = 400 : 49 = 8{,}16 \approx 8{,}2$ pc

$212 : 30 = 7{,}0$

$36 + 8 = 44$

88° } $88 - 45 = 43°$
45° } $45 - 4 = 41°$
4°
−38° } $|-38| + 4 = 42°$

$\frac{41 + 42 + 43}{3} = \frac{126}{3} = 42° \to 50$ млн

$42 \to 50 \cdot 10^6$
$x° \to 1$ г.

$x = 42 : 50 = 0{,}84$ °/млн.г. $x = \frac{42}{50 \cdot 10^6}$

$0{,}84°/10^6$ г.

$\frac{0{,}84}{10^6} = 0{,}84 \cdot 10^{-6}$ °/г

0,65 pc

$\frac{0{,}65}{8{,}8}$ $\frac{1{,}5}{8{,}5}$

$1{,}5 \cdot 1{,}4$

$15^2 = 225$

$0 \to 220$

$11\,mm \to x\,pc$
$49\,mm \to 40\,pc$

$x = \frac{11 \cdot 40}{49} = 440 : 49 = 8{,}9$
392
480

$V_I^2 = \frac{\gamma \cdot M}{r}$ $\quad r \cdot V_I^2 = \gamma \cdot M$

$M = \frac{r \cdot V_I^2}{\gamma} = \cancel{8{,}8 \ldots}$

$\cancel{= 8{,}8 \cdot 206265 \cdot 149{,}6 \cdot 10^9}$

$\frac{V_I^2}{V_3^2} = \frac{M_\odot}{r} \cdot \frac{r_3}{M_\odot} = \frac{V_I^2}{V_3^2} = \frac{\frac{\gamma M}{r}}{\frac{\gamma \cdot M_\odot}{r_3}} = \frac{M}{r} \cdot \frac{r_3}{M_\odot}$

$0{,}65 : 4{,}4 =$
$= 65 : 440 = \cancel{\frac{V_I}{V}}$ $\quad \left(\frac{V_I}{V_3}\right)^2 = \frac{M[M_\odot]}{r[AU]}$

$650 : 440 = 0{,}1\ldots$
440
2100
1760
3400

$\cancel{V_I = \sqrt{M_\ldots}}$

$M[M_\odot] = \left(\frac{V_I}{V_3}\right)^2 \cdot r[AU]$

$V_I = 196$

$M[M_\odot] = \left(\frac{196}{30}\right)^2 \cdot 8{,}8 \cdot 206265 \cdot 10^3$

$= \cancel{M_\odot}$ $\quad M[M_\odot] = 42{,}25 \cdot 8{,}8 \cdot 206265 \cdot 10^3 =$

$196 : 30 = 6{,}5$ $\quad 6{,}5^2$ $\quad 6{,}5 \cdot 6{,}5$
180 $\quad 325$
160 $\quad 390$
150 $\quad 42{,}25$
10

$= 42 \cdot 9 \cdot 200000 \cdot 10^3 =$
$= 42 \cdot 9 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^3 =$
$= 378 \cdot 2 \cdot 10^8 =$
$= 756 \cdot 10^8 =$
$= 7{,}56 \cdot 10^{10}\, M[\odot]$

$M[M_\odot] = \left(\frac{192}{30}\right)^2 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^3 =$

$= 42 \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 10^3 =$

$= 168 \cdot 10^9 =$

$= 16{,}8 \cdot 10^{10} =$

$= 1{,}68 \cdot 10^{11}\, [M_\odot]$

$\cancel{42 \cdot 40}$

$42 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 10^8 =$

$= 42 \cdot 40 = 1680 \cdot 10^8 =$

$= 16{,}80 \cdot 10^{10}$