Seminar/Übung

Ü7

Lösung Ü-Aufgabenserie 5

Übungen zur Vorlesung: Das Milchstrassensystem
–WS 23/24, Übungsserie (5) –

Ausgabe: 13.11.23 - Abgabe der Übungsserie : 20.11.23 - Besprechung im Seminar: 27.11.23
Bitte Hinweise auf Seite 2 beachten!

1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A1:

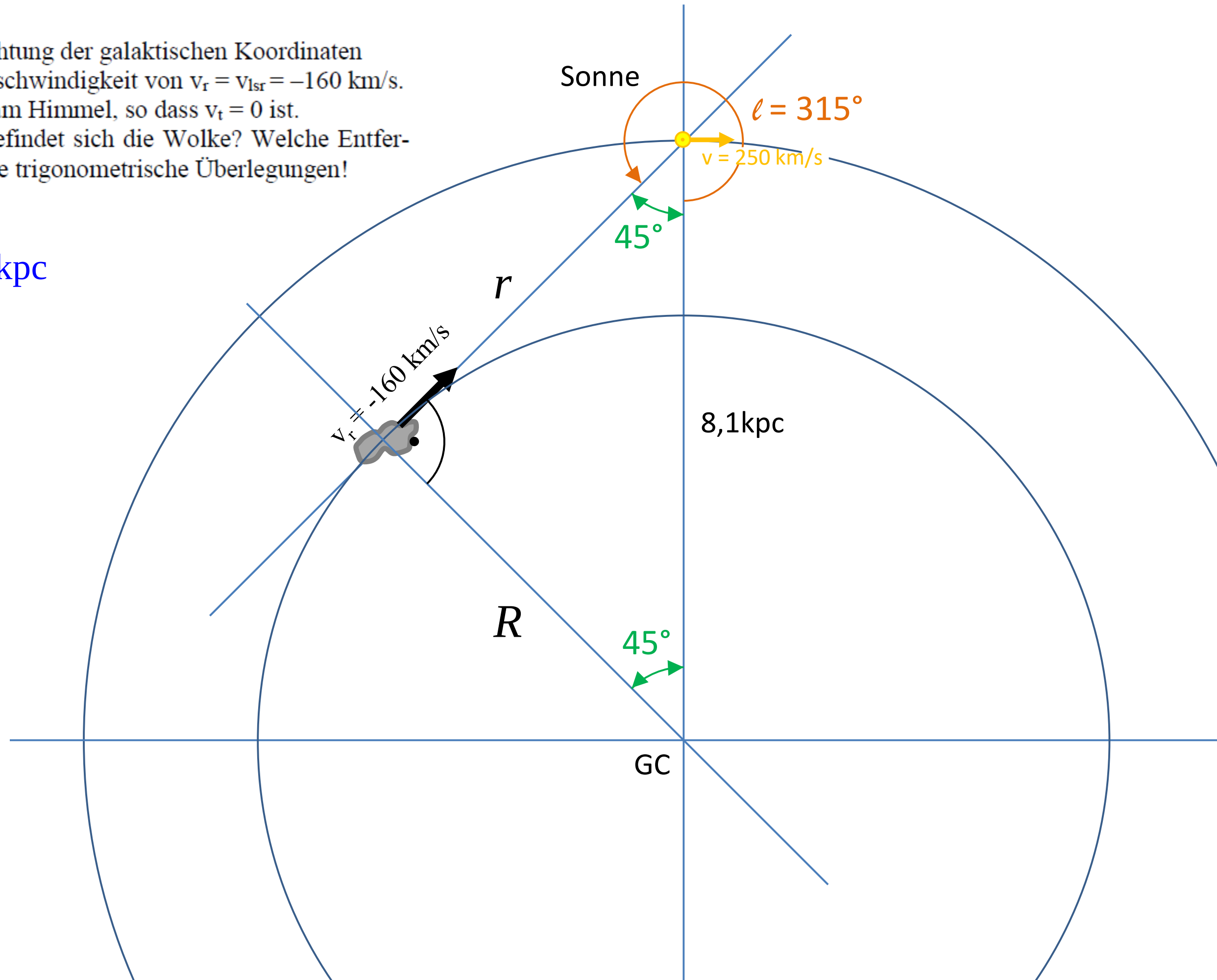
Hier hilft das geometrische Zeichnen der Situation!

Übungen zur Vorlesung: Das Milchstrassensystem
–WS 23/24, Übungsserie (5) –

Ausgabe: 13.11.23 - Abgabe der Übungsserie : 20.11.23 - Besprechung im Seminar: 27.11.23
Bitte Hinweise auf Seite 2 beachten!

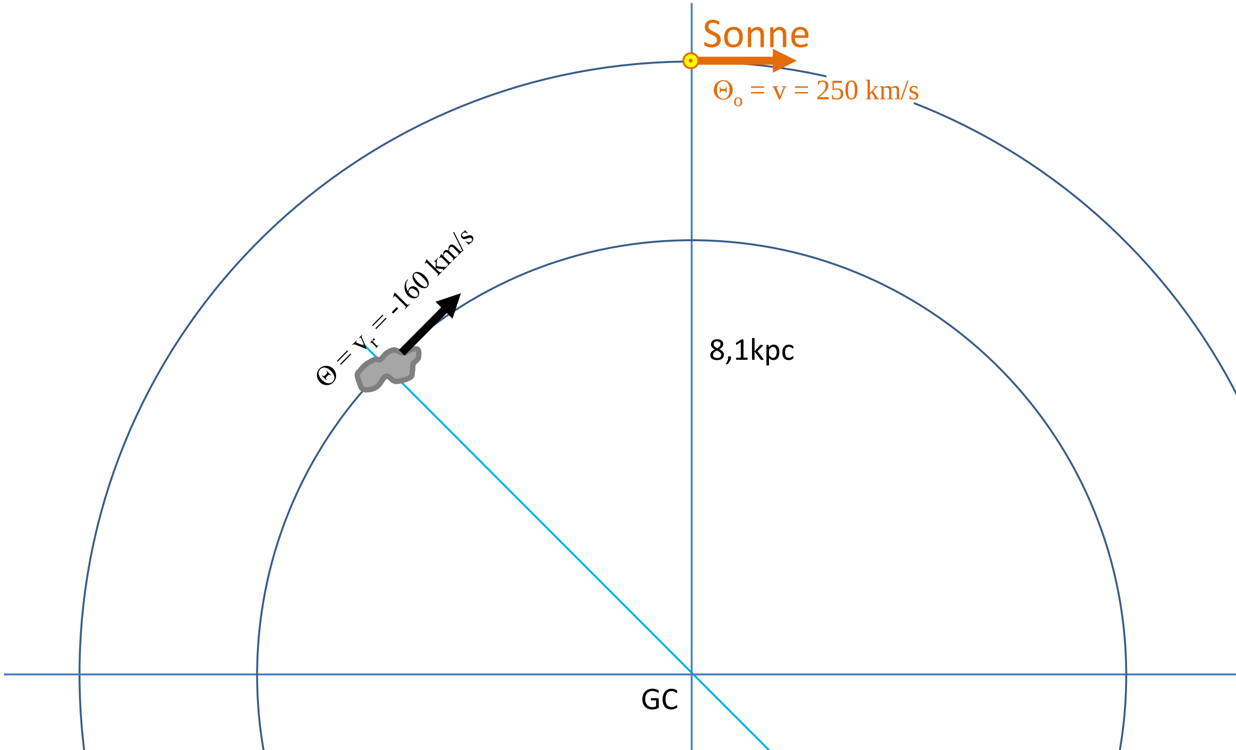
1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!

$$R = r = 8{,}1\ \text{kpc} \times \sin(45°) = 5.73\ \text{kpc}$$



1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!
   b) In wieviel Jahren werden wir uns mit der Wolke in einer Linie (auf gleichem Radiusvektor) zum Galaktischen Zentrum befinden? Hier wollen wir die Pekuliarbewegung der Sonne im LSR vernachlässigen und setzen U,V,W(Sonne) = 0 in erster Näherung (aber $\Theta_\odot = 250$ km/s).

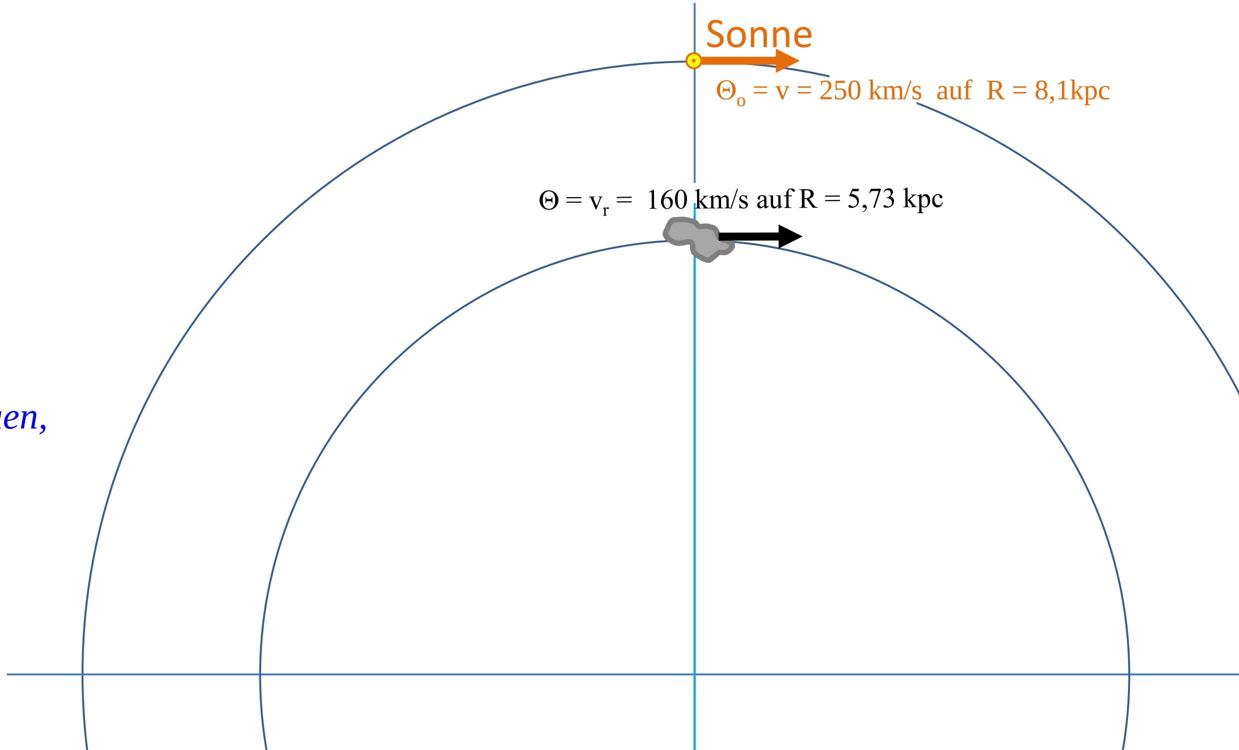
Wie lange dauert es, bis die Wolke uns eingeholt hat ?



1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!
   b) In wieviel Jahren werden wir uns mit der Wolke in einer Linie (auf gleichem Radiusvektor) zum Galaktischen Zentrum befinden? Hier wollen wir die Pekuliarbewegung der Sonne im LSR vernachlässigen und setzen U,V,W(Sonne) = 0 in erster Näherung (aber $\Theta_\odot = 250$ km/s).

Wie lange dauert es, bis die Wolke uns eingeholt hat (auf Sichtlinie zum galaktischen Zentrum steht ?

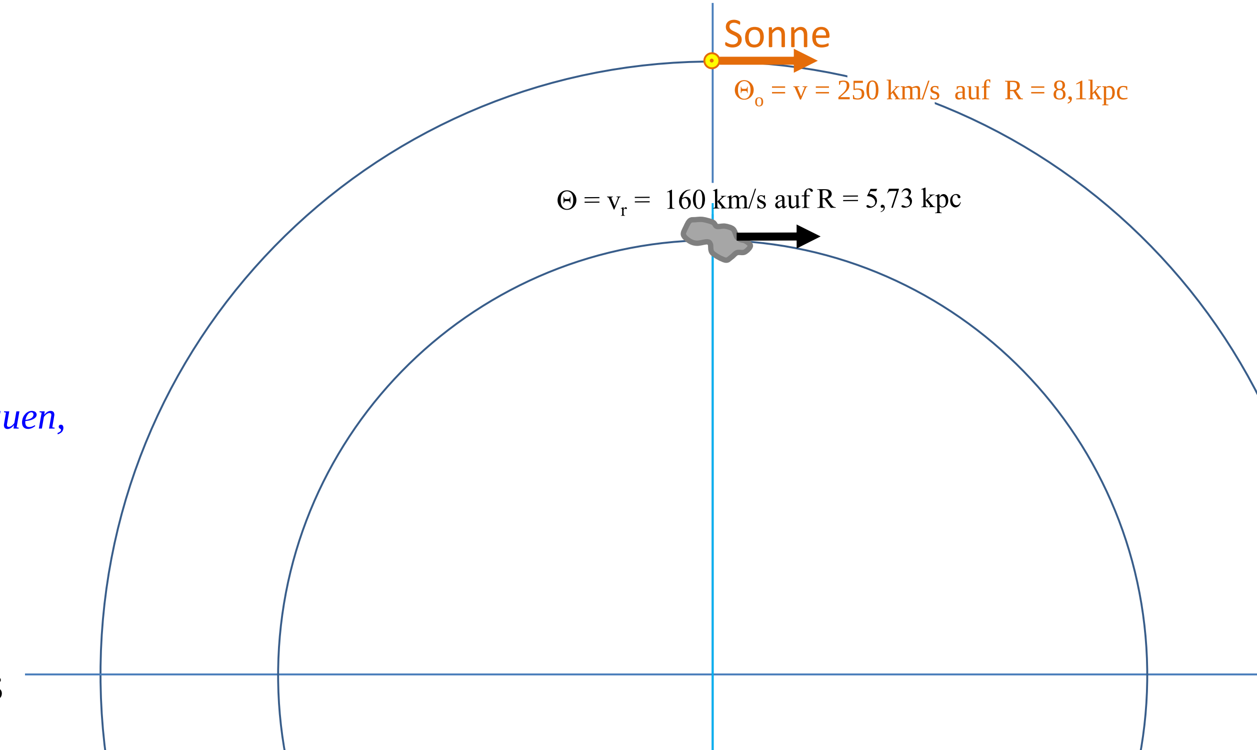
Idee: Berechnung der Winkelgeschwindigkeiten und schauen, wann die Differenz = 0 ist, aber für Anfangsdifferenz von 45°.



1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!
   b) In wieviel Jahren werden wir uns mit der Wolke in einer Linie (auf gleichem Radiusvektor) zum Galaktischen Zentrum befinden? Hier wollen wir die Pekuliarbewegung der Sonne im LSR vernachlässigen und setzen U,V,W(Sonne) = 0 in erster Näherung (aber $\Theta_\odot = 250$ km/s).

Wie lange dauert es, bis die Wolke uns eingeholt hat (auf Sichtlinie zum galaktischen Zentrum steht ?

Idee: Berechnung der Winkelgeschwindigkeiten und schauen, wann die Differenz = 0 ist, aber für Anfangsdifferenz von 45°.

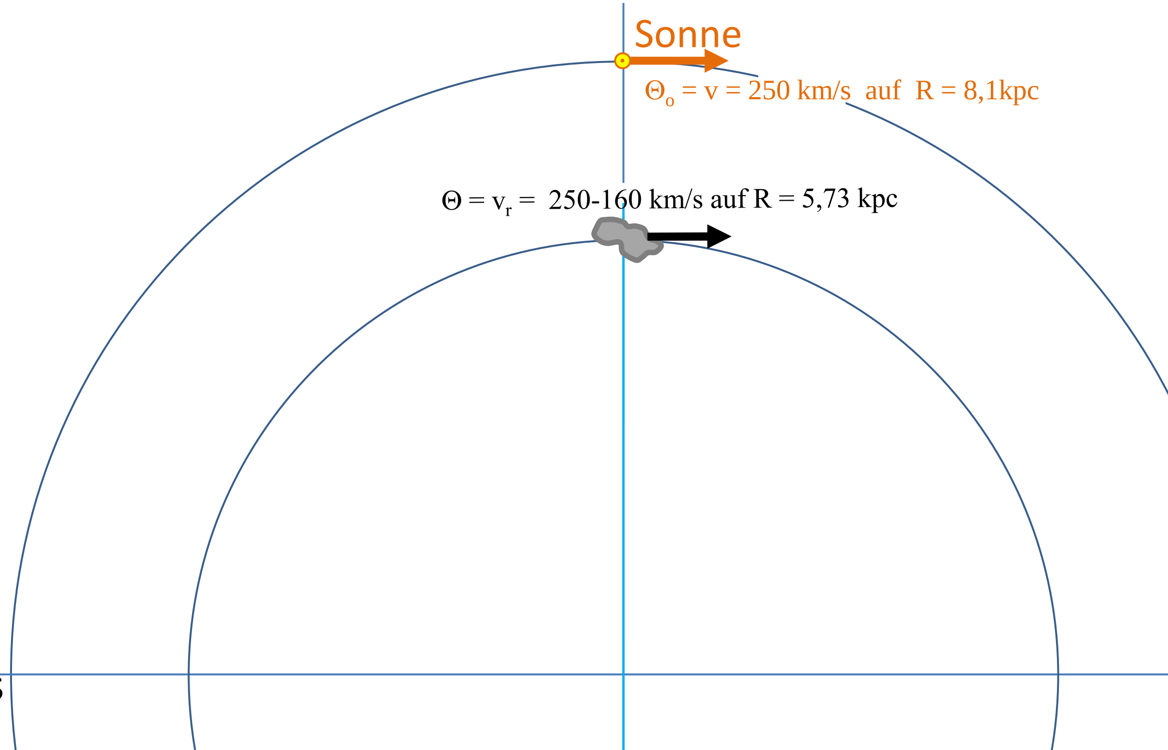


2 Interpretationen der Aufgabe:
a) Wolke läuft mit Θ = 160 km/s

1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!
   b) In wieviel Jahren werden wir uns mit der Wolke in einer Linie (auf gleichem Radiusvektor) zum Galaktischen Zentrum befinden? Hier wollen wir die Pekuliarbewegung der Sonne im LSR vernachlässigen und setzen U,V,W(Sonne) = 0 in erster Näherung (aber $\Theta_\odot = 250$ km/s).

Wie lange dauert es, bis die Wolke uns eingeholt hat (auf Sichtlinie zum galaktischen Zentrum steht ?

Idee: Berechnung der Winkelgeschwindigkeiten und schauen, wann die Differenz = 0 ist, aber für Anfangsdifferenz von 45°.



2 Interpretationen der Aufgabe:
b) Wolke läuft mit Θ = 250-160 km/s

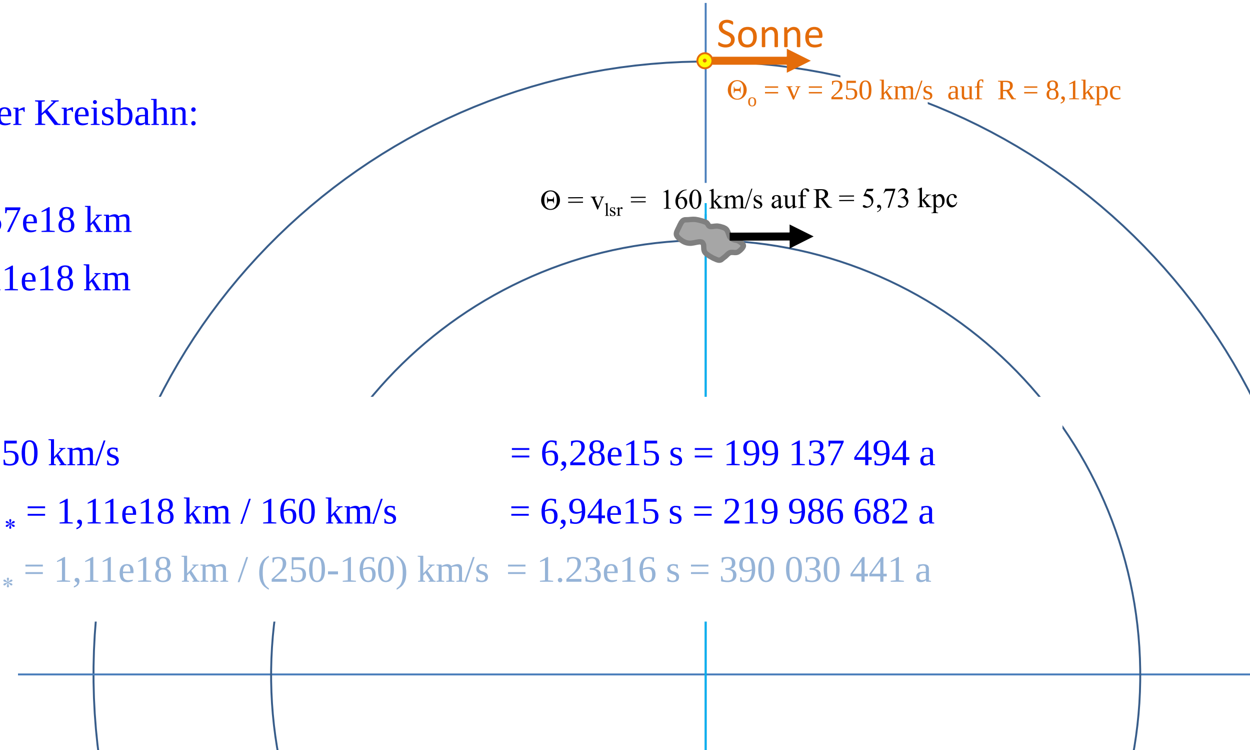
1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!
   b) In wieviel Jahren werden wir uns mit der Wolke in einer Linie (auf gleichem Radiusvektor) zum Galaktischen Zentrum befinden? Hier wollen wir die Pekuliarbewegung der Sonne im LSR vernachlässigen und setzen U,V,W(Sonne) = 0 in erster Näherung (aber $\Theta_\odot = 250$ km/s).

Dazu könnte man:

1. Berechnung der Umlaufwege auf der Kreisbahn:

$\odot$: $U_\odot = 2\pi R_\odot = 50.89$ kpc = 1.57e18 km

Wolke: $U_* = 2\pi R_* = 36{,}00$ kpc = 1,11e18 km



2. Dauer des Umlaufes

$\odot$: $t_\odot = \mathrm{Weg}/\Theta_\odot$ = 1.57e18 km / 250 km/s = 6,28e15 s = 199 137 494 a

Wolke: (Interpretation a) $t_* = \mathrm{Weg}/\Theta_*$ = 1,11e18 km / 160 km/s = 6,94e15 s = 219 986 682 a

(Interpretation b) $t_* = \mathrm{Weg}/\Theta_*$ = 1,11e18 km / (250-160) km/s = 1.23e16 s = 390 030 441 a

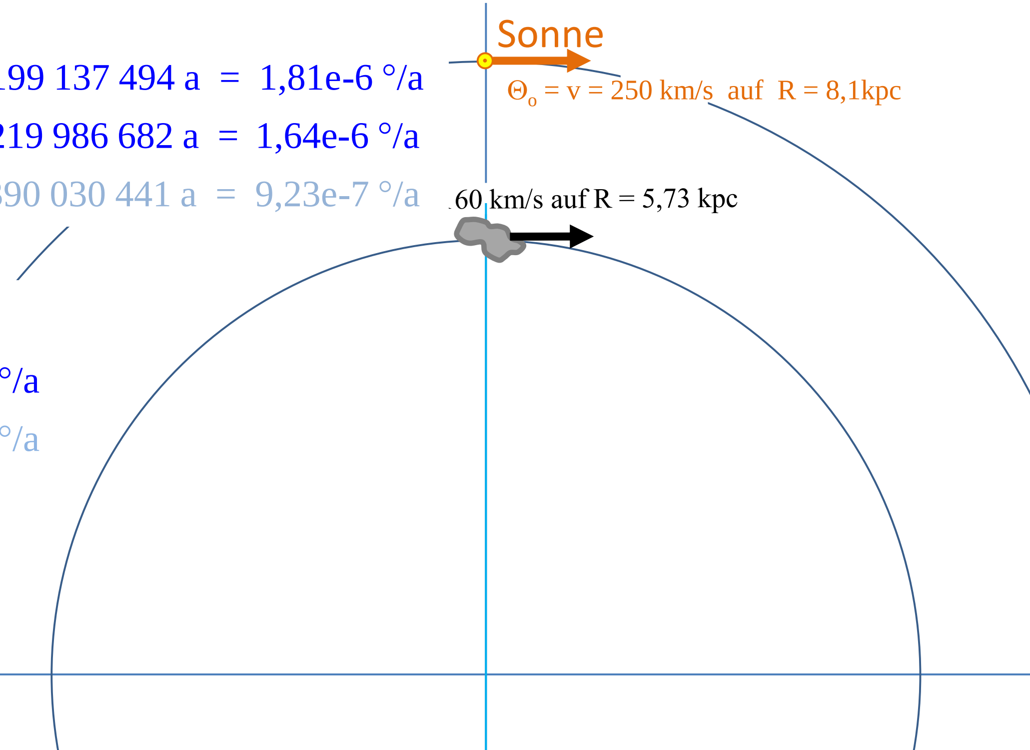
1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!
   b) In wieviel Jahren werden wir uns mit der Wolke in einer Linie (auf gleichem Radiusvektor) zum Galaktischen Zentrum befinden? Hier wollen wir die Pekuliarbewegung der Sonne im LSR vernachlässigen und setzen U,V,W(Sonne) = 0 in erster Näherung (aber $\Theta_\odot = 250$ km/s).

3. Berechnung der Winkelgeschwindigkeiten (°/a) :

$\odot$: $\omega_\odot = 360°/ t_\odot = 360° / 199\,137\,494$ a $= 1{,}81\text{e-}6$ °/a

Wolke: (Interpretation a) $\omega_* = 360°/ t_* = 360° / 219\,986\,682$ a $= 1{,}64\text{e-}6$ °/a

(Interpretation b) $\omega_* = 360°/ t_* = 360° / 390\,030\,441$ a $= 9{,}23\text{e-}7$ °/a



4. Berechnung der Winkelgeschwindigkeitsdifferenz:

$\Delta\omega = |\omega_\odot - \omega_*| = |\, 1{,}81\text{e-}6 \text{ °/a} - 1{,}64\text{e-}6 \text{ °/a}\,| = 1{,}7\text{e-}7$ °/a

$\Delta\omega = |\omega_\odot - \omega_*| = |\, 1{,}81\text{e-}6 \text{ °/a} - 9{,}23\text{e-}7 \text{ °/a}\,| = 8{,}9\text{e-}7$ °/a

Mit diesem Wert wird $\Delta\omega$ pro Jahr kleiner.

1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!
   b) In wieviel Jahren werden wir uns mit der Wolke in einer Linie (auf gleichem Radiusvektor) zum Galaktischen Zentrum befinden? Hier wollen wir die Pekuliarbewegung der Sonne im LSR vernachlässigen und setzen U,V,W(Sonne) = 0 in erster Näherung (aber $\Theta_\odot = 250$ km/s).

4. Berechnung der Winkelgeschwindigkeitsdifferenz:

$\Delta\omega = |\omega_\odot - \omega_*| = |\ 1{,}81\text{e-}6\ °/\text{a} - 1{,}64\text{e-}6\ °/\text{a}\ | = 1{,}7\text{e-}7\ °/\text{a}$

$\Delta\omega = |\omega_\odot - \omega_*| = |\ 1{,}81\text{e-}6\ °/\text{a} - 9{,}23\text{e-}7\ °/\text{a}\ | = 8{,}9\text{e-}7\ °/\text{a}$

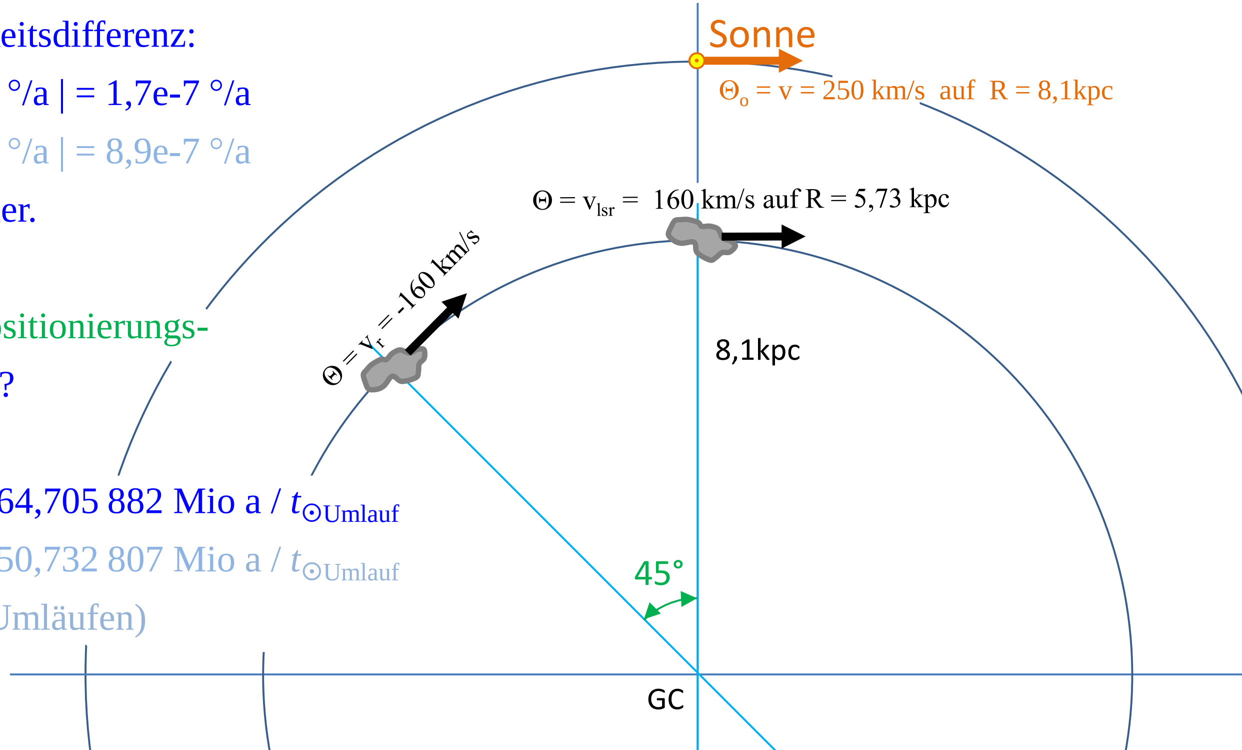
Mit diesem Wert wird $\Delta\omega$ pro Jahr kleiner.

5. Frage: Wie lange dauert es, bis die Positionierungs-differenz von 45° ⇒ 0° geworden ist ?

Dauer = 45°/ $\Delta\omega$ = 45°/ 1,7e-7 °/a = 264,705 882 Mio a / $t_{\odot\text{Umlauf}}$

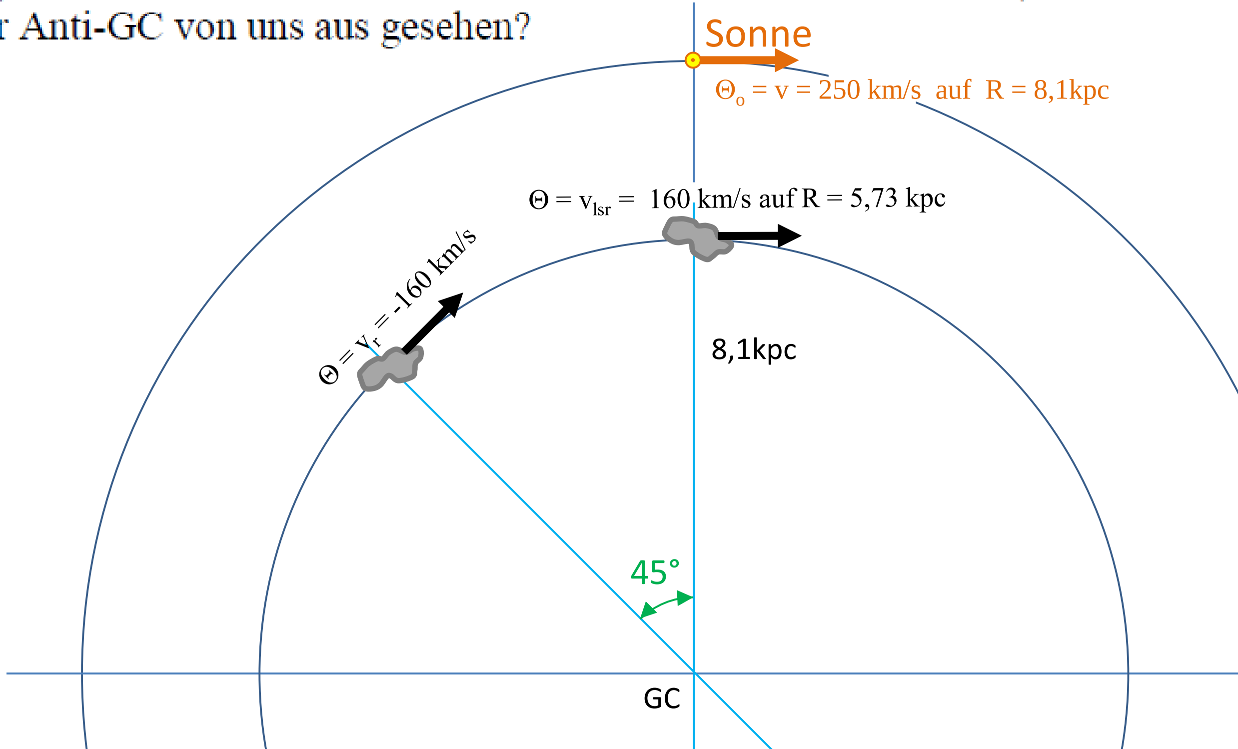
Dauer = 45°/ $\Delta\omega$ = 45°/ 8,9e-7 °/a = 50,732 807 Mio a / $t_{\odot\text{Umlauf}}$

⇒ nach 1.3 ⊙-Umläufen (0,25 ⊙-Umläufen)



1. Eine hypothetische galaktische Molekülwolke sei in Richtung der galaktischen Koordinaten $l = 315°$ und $b = 0°$ zu sehen und habe eine messbare Geschwindigkeit von $v_r = v_{lsr} = -160$ km/s. Nehmen wir an, die Wolke habe keine Eigenbewegung am Himmel, so dass $v_t = 0$ ist.
   a) In welcher Entfernung vom Galaktischen Zentrum befindet sich die Wolke? Welche Entfernung hat die Wolke zu uns? Benutzen Sie nur einfache trigonometrische Überlegungen!
   b) In wieviel Jahren werden wir uns mit der Wolke in einer Linie (auf gleichem Radiusvektor) zum Galaktischen Zentrum befinden? Hier wollen wir die Pekuliarbewegung der Sonne im LSR vernachlässigen und setzen U,V,W(Sonne) = 0 in erster Näherung (aber $\Theta_\odot = 250$ km/s).
   c) Steht zu diesem Zeitpunkt (wenn wir auf einer Linie mit der Wolke und dem GC stehen) die Wolke in Richtung GC oder Anti-GC von uns aus gesehen?

⇒ In Richtung des GC 1



2. a) Wir sehen einen hypothetischen Stern 1 bei den galaktischen Koordinaten $l = 160°$ und $b = 30°$. Für diesen Stern habe man aus den Spektrallinien eine Geschwindigkeit von $v_r = v_{heliozentrisch} = +43$ km/s ermittelt. Korrigieren Sie diese Geschwindigkeit auf das kinematische LSR.

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A2:

Berechnung in der „näheren“ Sonnenumgebung

l, b galaktische Koordinaten, Nutzung Kugelkoordinaten:

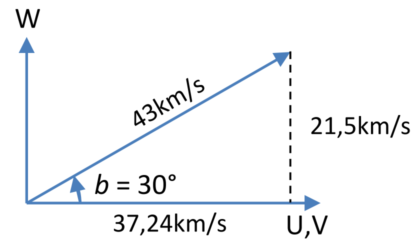
$$U = v_r \cos l \cos b$$
$$V = v_r \sin l \cos b$$
$$W = v_r \sin b$$

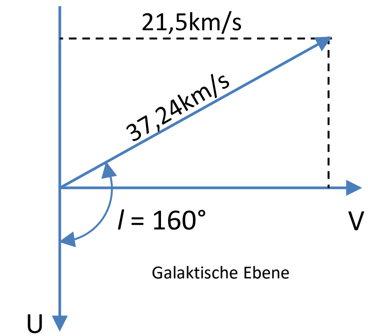
$$v_{lsr} = \sqrt{(U - U_\odot)^2 + (V - V_\odot)^2 + (W - W_\odot)^2}$$

$U_\odot = 11$ km/s, $V_\odot = 12$ km/s, $W_\odot = 7$ km/s

Geg: Stern bei $l = +160°$, $b = +30°$, $v_{helio} = +43$km/s

Projektion der Geschwindigkeiten in U,V,W:





$$U = v \cos l \cos b = -35 \text{ km/s}$$
$$V = v \sin l \cos b = +12{,}75 \text{ km/s}$$
$$W = v \sin b = +21{,}5 \text{ km/s}$$

$$v_{lsr} = \sqrt{(U - U_\odot)^2 + (V - V_\odot)^2 + (W - W_\odot)^2}$$
$$= \sqrt{(-35 - 11)^2 + (12{,}75 - 12)^2 + (21{,}5 - 7)^2}$$
$$= \underline{48{,}23 \text{ km/s}}$$

2. a) Wir sehen einen hypothetischen Stern 1 bei den galaktischen Koordinaten l =160° und b=30°. Für diesen Stern habe man aus den Spektrallinien eine Geschwindigkeit von $v_r = v_{heliozentrisch}$ = +43 km/s ermittelt. Korrigieren Sie diese Geschwindigkeit auf das kinematische LSR.

b) Wie verändert sich die Korrektur für einen Stern 2 auf den Koordinaten l = 345° und b = -60°.

Geg: Stern bei l = +345°, b = -60°, v_{helio} = +43km/s

Projektion der Geschwindigkeiten in U,V,W:

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A2:

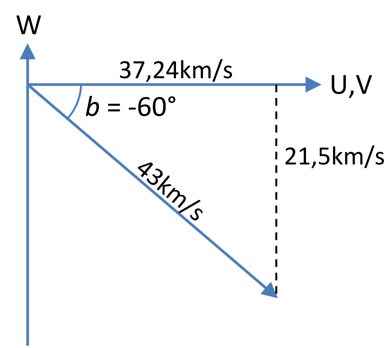
Berechnung in der „näheren" Sonnenumgebung

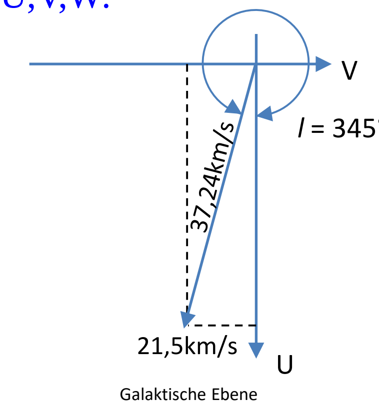
l, b galaktische Koordinaten, Nutzung Kugelkoordinaten:

$U = v_r \cos l \cos b$
$V = v_r \sin l \cos b$
$W = v_r \sin b$

$$v_{lsr} = \sqrt{(U - U_\odot)^2 + (V - V_\odot)^2 + (W - W_\odot)^2}$$

$U_\odot$ = 11 km/s, $V_\odot$ = 12 km/s, $W_\odot$ = 7 km/s





$U = v \cos l \cos b$ = +20,77 km/s
$V = v \sin l \cos b$ = – 5,56 km/s
$W = v \sin b$ = – 37,24 km/s

$$v_{lsr} = \sqrt{(U - U_\odot)^2 + (V - V_\odot)^2 + (W - W_\odot)^2}$$

$$= \sqrt{(20{,}77 - 11)^2 + (-5{,}56 - 12)^2 + (-37{,}24 - 7)^2}$$

$$= \underline{48{,}59 \text{ km/s}}$$

2. a) Wir sehen einen hypothetischen Stern 1 bei den galaktischen Koordinaten l =160° und b=30°. Für diesen Stern habe man aus den Spektrallinien eine Geschwindigkeit von $v_r = v_{heliozentrisch}$ = +43 km/s ermittelt. Korrigieren Sie diese Geschwindigkeit auf das kinematische LSR.

b) Wie verändert sich die Korrektur für einen Stern 2 auf den Koordinaten l = 345° und b = -60°.

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A2:

Berechnung in der „näheren“ Sonnenumgebung

l, b galaktische Koordinaten, Nutzung Kugelkoordinaten:

$$U = v_r \cos l \cos b$$
$$V = v_r \sin l \cos b$$
$$W = v_r \sin b$$

$$v_{lsr} = \sqrt{(U - U_\odot)^2 + (V - V_\odot)^2 + (W - W_\odot)^2}$$

$U_\odot$ = 11 km/s, $V_\odot$ = 12 km/s, $W_\odot$ = 7 km/s

Geg: Stern bei l = +210°, b = -30°, v_{helio} = +43km/s

$$v_{lsr} = 60{,}17 \text{ km/s}$$

Geg: Stern bei l = +45°, b = +30°, v_{helio} = +43km/s

$$v_{lsr} = 25{,}51 \text{ km/s}$$

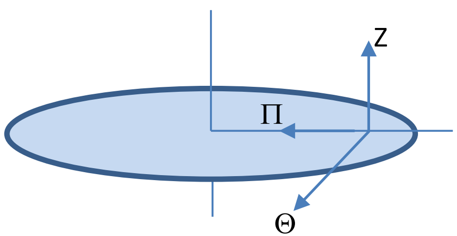
3. Für eine hypothetische Galaxie wurde eine Radialgeschwindigkeit von $v_r = v_{heliozentrisch} = 1\,510$ km/s in gleicher Richtung $l = 160°$ und $b = 30°$ gemessen. Korrigieren Sie diese Geschwindigkeit auf das dynamische LSR ($\Theta_\odot = 250$ km/s; „heliogalaktisch“).

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A3:

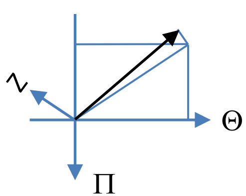
Berechnung für weit entfernte extragalaktische Objekte

$$\Pi = U$$
$$\Theta = V - \Theta_\odot$$
$$Z = W$$

$$v_{lsr} = \sqrt{(\Pi - U_\odot)^2 + (\Theta - V_\odot)^2 + (Z - W_\odot)^2}$$



$$\Pi = U \quad = v \cos l \cos b \quad = -1229 \text{ km/s}$$
$$\Theta = V - \Theta_\odot = v \sin l \cos b - 250 \text{ km/s} \quad = +197 \text{ km/s}$$
$$Z = W \quad = v \sin b \quad = +755 \text{ km/s}$$



$$v_{lsr} = \sqrt{(U - U_\odot)^2 + (V - V_\odot)^2 + (W - W_\odot)^2}$$
$$= \sqrt{(-1228{,}8 - 11)^2 + (+197{,}3 - 12)^2 + (-755 - 7)^2}$$
$$= \underline{1460 \text{ km/s}}$$

4. Ein hypothetischer Stern sichtbar bei den galaktischen Koordinaten $l = 41°$ und $b = 23°$ habe eine (relativ große) Entfernung von 3.5 kpc. Für diesen Stern wurden die Geschwindigkeitswerte $U = +8$ km/s, $V = +35$ km/s & $W = -4$ km/s gemessen. Korrigieren Sie diese UVW-Geschwindigkeitsangaben (zu U^*, V^*, W^*) unter der Berücksichtigung der differentiellen Rotation. Schätzen Sie die benötigte galaktische Rotationsgeschwindigkeit am Ort des Sterns $\Theta(R)$ und für $\Theta_\odot$ auf Grund der Rotationskurve der Milchstraße in Abb. 1 ab. Nutzen Sie hier nicht (!!) $\Theta_\odot = 250$ km/s !!

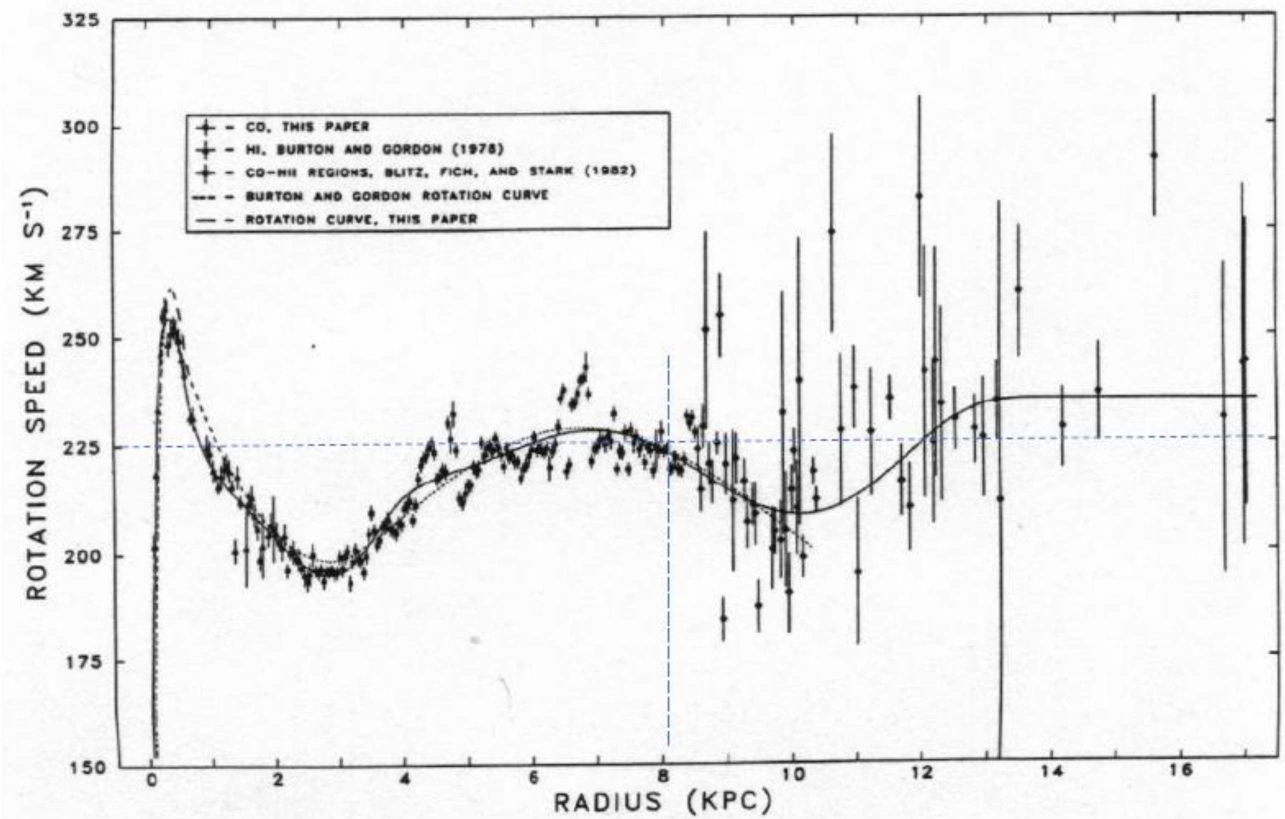
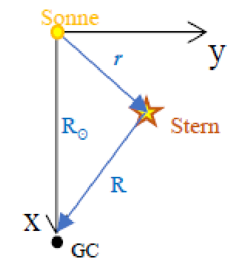


Abbildung 1: Darstellung der Rotationskurve der Milchstraße mit Messungen aus Clemens (1985), ApJ. 295, 422.

4. Ein hypothetischer Stern sichtbar bei den galaktischen Koordinaten $l = 41°$ und $b = 23°$ habe eine (relativ große) Entfernung von 3.5 kpc. Für diesen Stern wurden die Geschwindigkeitswerte $U = +8$ km/s, $V = +35$ km/s & $W = -4$ km/s gemessen. Korrigieren Sie diese UVW-Geschwindigkeitsangaben (zu U^*, V^*, W^*) unter der Berücksichtigung der differentiellen Rotation. Schätzen Sie die benötigte galaktische Rotationsgeschwindigkeit am Ort des Sterns $\Theta(R)$ und für $\Theta_\odot$ auf Grund der Rotationskurve der Milchstraße in Abb. 1 ab. Nutzen Sie hier nicht (!!) $\Theta_\odot = 250$ km/s !!

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A4:

Berechnung für weiter entfernte Objekte innerhalb der Milchstraße
Berücksichtigung der differentiellen Rotation
(Ist eigentlich für R > 100 pc nötig)



$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix}^* \begin{aligned} &= U - \Theta(R) \cdot y \cdot R^{-1} \\ &= V - [\Theta(R) \cdot (R_\odot - x) \cdot R^{-1}] + \Theta_\odot \\ &= W \end{aligned}$$

(korrigiert)

R = Abstand Objekt/Stern zum Galaktischen Zentrum (GC)
$\Theta_\odot$ = Kreisbahngeschwindigkeit am Ort der Sonne (aus Abb.1)
$\Theta(R)$ = Kreisbahngeschwindigkeit am Ort des Objektes/Stern (aus Abb.1)

$$R = \sqrt{(R_\odot - x)^2 + (r \cdot \sin l \cdot \cos b)^2}$$

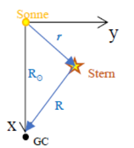
r = Abstand Objekt/Stern zur Sonne
x,y = rechtwinkliges Koordinatensystem: x zeigt in Richtung GC,
y zeigt in $l = 90°$
Ursprung ist am Ort der Sonne

$x = r \cos l \cos b$ & $y = r \sin l \cos b$

4. Ein hypothetischer Stern sichtbar bei den galaktischen Koordinaten $l = 41°$ und $b = 23°$ habe eine (relativ große) Entfernung von 3.5 kpc. Für diesen Stern wurden die Geschwindigkeitswerte U = +8 km/s, V = +35 km/s & W = −4 km/s gemessen. Korrigieren Sie diese UVW-Geschwindigkeitsangaben (zu U^*, V^*, W^*) unter der Berücksichtigung der differentiellen Rotation. Schätzen Sie die benötigte galaktische Rotationsgeschwindigkeit am Ort des Sterns $\Theta(R)$ und für $\Theta_\odot$ auf Grund der Rotationskurve der Milchstraße in Abb. 1 ab. Nutzen Sie hier nicht (!!) $\Theta_\odot$= 250 km/s !!

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A4:

Berechnung für weiter entfernte Objekte innerhalb der Milchstraße
Berücksichtigung der differentiellen Rotation
(Ist eigentlich für R > 100 pc nötig)



$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix}^*_{\text{(korrigiert)}} \begin{array}{l} = U - \Theta(R) \cdot y \cdot R^{-1} \\ = V - [\Theta(R) \cdot (R_\odot - x) \cdot R^{-1}] + \Theta_\odot \\ = W \end{array}$$

R = Abstand Objekt/Stern zum Galaktischen Zentrum (GC)
$\Theta_\odot$ = Kreisbahngeschwindigkeit am Ort der Sonne (aus Abb.1)
$\Theta(R)$ = Kreisbahngeschwindigkeit am Ort des Objektes/Stern (aus Abb.1)

$$R = \sqrt{(R_\odot - x)^2 + (r \cdot \sin l \cdot \cos b)^2}$$

r = Abstand Objekt/Stern zur Sonne
x,y = rechtwinkliges Koordinatensystem: x zeigt in Richtung GC,
y zeigt in $l = 90°$
Ursprung ist am Ort der Sonne

$x = r \cos l \cos b$ & $y = r \sin l \cos b$

Idee:

1) x & y ausrechnen
2) Ausrechnen R_{stern}
3) Ablesen von $\Theta(R_{\text{stern}})$ aus Diagramm
4) Ausrechnen der korrigierten UVW-Werte

$$x = r \cos l \cos b = 3500 \times 3.086\cdot 10^{13}\text{km} \cos(41°) \cos(23°) = 7.5\cdot 10^{16}\text{km} = 2{,}43 \text{ kpc}$$

$$y = r \sin l \cos b = \ldots = 6{,}52\cdot 10^{16}\text{km} = 2{,}11 \text{ kpc}$$

$$R_{\text{stern}} = \sqrt{(R_\odot - x)^2 + y^2} = \sqrt{(8.1 - 2{,}43)^2 + 2{,}11^2} = 6{,}1 \text{ kpc}$$

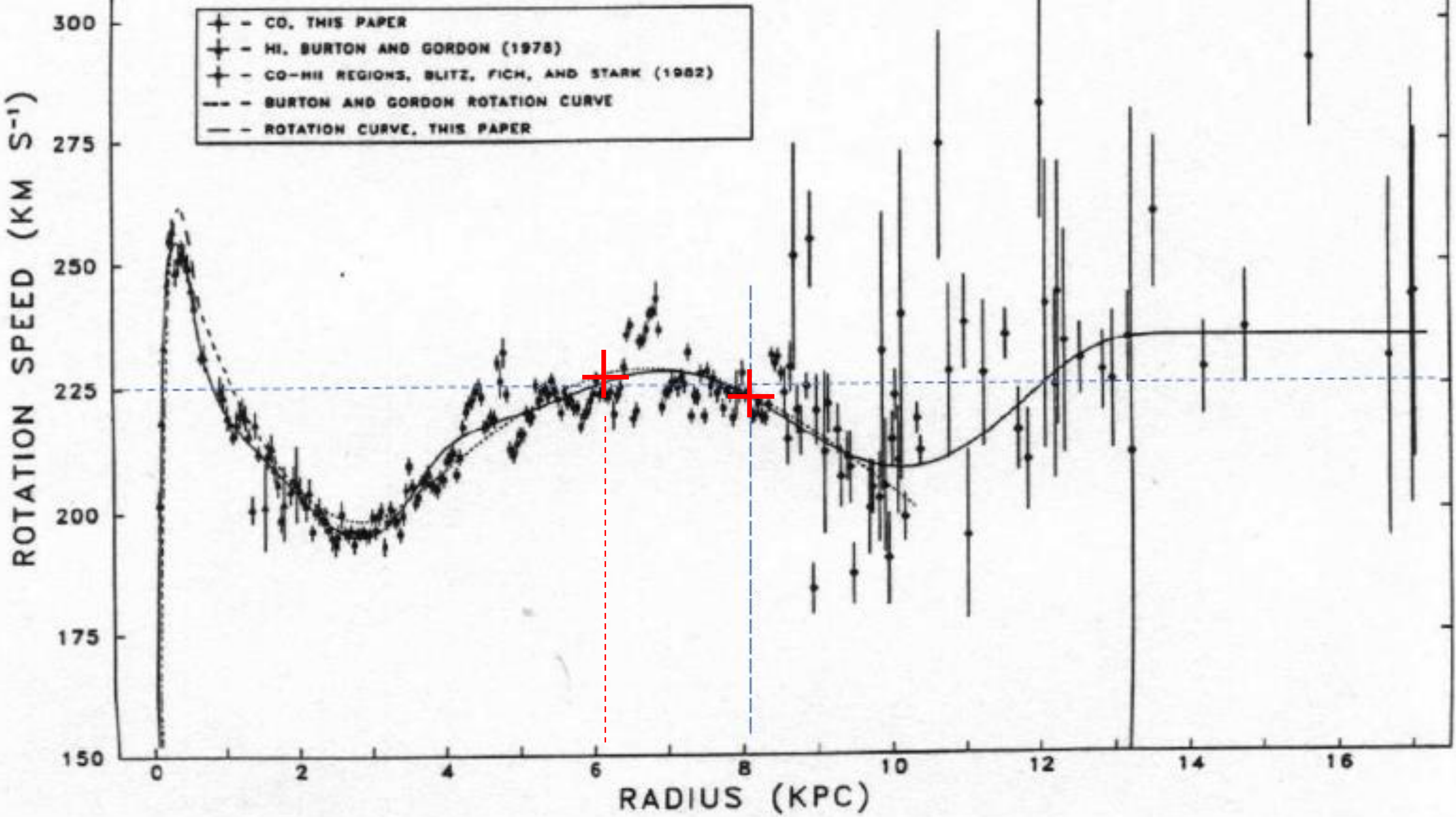


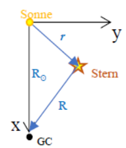
Abbildung 1: Darstellung der Rotationskurve der Milchstraße mit Messungen aus Clemens (1985), ApJ. 295, 422.

4. Ein hypothetischer Stern sichtbar bei den galaktischen Koordinaten $l = 41°$ und $b = 23°$ habe eine (relativ große) Entfernung von 3.5 kpc. Für diesen Stern wurden die Geschwindigkeitswerte $U = +8$ km/s, $V = +35$ km/s & $W = -4$ km/s gemessen. Korrigieren Sie diese UVW-Geschwindigkeitsangaben (zu U^*, V^*, W^*) unter der Berücksichtigung der differentiellen Rotation. Schätzen Sie die benötigte galaktische Rotationsgeschwindigkeit am Ort des Sterns $\Theta(R)$ und für $\Theta_\odot$ auf Grund der Rotationskurve der Milchstraße in Abb. 1 ab. Nutzen Sie hier nicht (!!) $\Theta_\odot = 250$ km/s !!

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A4:

Berechnung für weiter entfernte Objekte innerhalb der Milchstraße
Berücksichtigung der differentiellen Rotation
(Ist eigentlich für R > 100 pc nötig)

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix}^*_{\text{(korrigiert)}} \begin{matrix} = U - \Theta(R) \cdot y \cdot R^{-1} \\ = V - [\Theta(R) \cdot (R_\odot - x) \cdot R^{-1}] + \Theta_\odot \\ = W \end{matrix}$$



R = Abstand Objekt/Stern zum Galaktischen Zentrum (GC)
$\Theta_\odot$ = Kreisbahngeschwindigkeit am Ort der Sonne (aus Abb.1)
$\Theta(R)$ = Kreisbahngeschwindigkeit am Ort des Objektes/Stern (aus Abb.1)

$$R = \sqrt{(R_\odot - x)^2 + (r \cdot \sin l \cdot \cos b)^2}$$

r = Abstand Objekt/Stern zur Sonne
x,y = rechtwinkliges Koordinatensystem: x zeigt in Richtung GC,
y zeigt in $l = 90°$
Ursprung ist am Ort der Sonne

$x = r \cos l \cos b$ & $y = r \sin l \cos b$

Idee:

1) x & y ausrechnen
2) Ausrechnen R_{stern}
3) Ablesen von $\Theta(R_{\text{stern}})$ aus Diagramm
4) Ausrechnen der korrigierten UVW-Werte

$$x = r \cos l \cos b = 3500 \times 3.086 \cdot 10^{13}\text{km} \cos(41°) \cos(23°) = 7.5 \cdot 10^{16}\text{km} = 2{,}43 \text{ kpc}$$

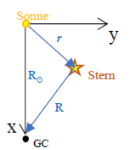
$$y = r \sin l \cos b = \ldots = 6{,}52 \cdot 10^{16}\text{km} = 2{,}11 \text{ kpc}$$

$$R_{\text{stern}} = \sqrt{(R_\odot - x)^2 + y^2} = \sqrt{(8.1 - 2{,}43)^2 + 2{,}11^2} = 6.1 \text{ kpc} \quad \Rightarrow \Theta(R_{\text{stern}}) \text{ aus Diagramm} = 225 \ldots 230 \text{ km/s}$$

4. Ein hypothetischer Stern sichtbar bei den galaktischen Koordinaten $l = 41°$ und $b = 23°$ habe eine (relativ große) Entfernung von 3.5 kpc. Für diesen Stern wurden die Geschwindigkeitswerte $U = +8$ km/s, $V = +35$ km/s & $W = -4$ km/s gemessen. Korrigieren Sie diese UVW-Geschwindigkeitsangaben (zu U^*, V^*, W^*) unter der Berücksichtigung der differentiellen Rotation. Schätzen Sie die benötigte galaktische Rotationsgeschwindigkeit am Ort des Sterns $\Theta(R)$ und für $\Theta_\odot$ auf Grund der Rotationskurve der Milchstraße in Abb. 1 ab. Nutzen Sie hier nicht (!!) $\Theta_\odot = 250$ km/s !!

Hinweise zur Berechnung der Ü5 A4:

Berechnung für weiter entfernte Objekte innerhalb der Milchstraße
Berücksichtigung der differentiellen Rotation
(Ist eigentlich für R > 100 pc nötig)



$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix}^*_{\text{(korrigiert)}} \begin{array}{l} = U - \Theta(R) \cdot y \cdot R^{-1} \\ = V - [\Theta(R) \cdot (R_\odot - x) \cdot R^{-1}] + \Theta_\odot \\ = W \end{array}$$

R = Abstand Objekt/Stern zum Galaktischen Zentrum (GC)
$\Theta_\odot$ = Kreisbahngeschwindigkeit am Ort der Sonne (aus Abb.1)
$\Theta(R)$ = Kreisbahngeschwindigkeit am Ort des Objektes/Stern (aus Abb.1)

$$R = \sqrt{(R_\odot - x)^2 + (r \cdot \sin l \cdot \cos b)^2}$$

r = Abstand Objekt/Stern zur Sonne
x,y = rechtwinkliges Koordinatensystem: x zeigt in Richtung GC,
y zeigt in $l = 90°$
Ursprung ist am Ort der Sonne

$x = r \cos l \cos b$ & $y = r \sin l \cos b$

x = 2,43 kpc
y = 2,11 kpc

$R_{stern} = 6.1$ kpc
$\Theta(R_{stern}) = 227$ km/s

Nun alles einsetzen:

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix}^* \begin{array}{l} = 8\text{ km/s} - [227\text{ km/s} \times 2{,}11\text{kpc} / 6{,}1\text{ kpc}] \\ = 35\text{ km/s} - [227\text{km/s} \times (8.1-2.43)\text{kpc} / 6{,}1\text{kpc}] + 220\text{ km/s} \\ = -4\text{ km/s} \end{array}$$

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix}^* = \begin{pmatrix} -70(\pm 2)\text{ km/s} \\ +41(\pm 5)\text{ km/s} \\ -4\text{ km/s} \end{pmatrix}$$

1