

Übungsblatt 2.3

(Ausgabe 08.05.2015, Abgabe 21.05.2015)

1. Aufgabe Satellitenteleskope (30 Punkte)

Zu den wichtigsten Astronomiesatellitenteleskopen der letzten Jahre gehören das HUBBLE-Weltraumteleskop ($D = 2.4 \text{ m}$, $\lambda \simeq 115 - 1800 \text{ nm}$), der Infrarotsatellit SPITZER ($D = 85 \text{ cm}$, $\lambda \simeq 3 - 100 \mu\text{m}$) und das CHANDRA-Röntgenteleskop ($D = 1.2 \text{ m}$, $\lambda \simeq 0.2 - 2.0 \text{ nm}$, $f = 10 \text{ m}$). Dabei sei D die Apertur, f die Brennweite und λ der Wellenlängenbereich.

- Vergleichen Sie das Auflösungsvermögen der Teleskope unter der Annahme, dass dieses nur durch die Beugung begrenzt sei. (7 Punkte)
- Was ist der Abbildungsmaßstab von CHANDRA? Warum kann CHANDRA dieses Auflösungsvermögen nicht erreichen? (10 Punkte)
Hinweis: Man informiere sich in der Literatur: Wie groß ist ein Pixel von CHANDRAS Detektor?
- Warum muss SPITZER mit flüssigem Helium auf ca. 4 K heruntergekühlt werden, CHANDRA jedoch nicht? (10 Punkte)
Hinweis: Denken Sie an das Wiensche Verschiebungsgesetz und daran, dass *alle* Körper Wärmestrahlung abgeben.

2. Aufgabe Poisson-Statistik (70 Punkte)

Bei dem Stern Wega ($m_V = 0.03 \text{ mag}$), der als Eichung der Johnson-UBV-Magnitudenskala diente, misst man bei der Frequenz $\nu = 5.5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, die eine typische Frequenz im visuellen Bereich darstellt, einen Fluss von $f_\nu = 3650 \text{ Jy}$.

- Zum Aufwärmen: Welcher Wellenlänge λ in nm entspricht diese Frequenz? Wie groß ist f_λ von Wega bei dieser Wellenlänge? Drücken Sie Ihre Antwort in $\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ aus. (10 Punkte)

Nehmen Sie an, ein weit entfernter Stern von ähnlichem Spektraltyp wie Wega habe die scheinbare visuelle Helligkeit $m_V = 22 \text{ mag}$. Diese Quelle wird mit dem 2.2 m-Teleskop auf La Silla beobachtet, wobei vom CCD-Detektor 60% der Photonen detektiert werden.

- Wie groß ist der zu erwartende Fluss f_λ dieser Quelle bei der oben berechneten Wellenlänge λ ? (10 Punkt)
- Berechnen Sie den Photonenstrom Γ_λ , der die Anzahl der Photonen mit der Wellenlänge λ pro Flächen-, Zeit- und Wellenlängeneinheit angibt. (10 Punkt)
- Wie viele Photonen pro Sekunde (k) im Wellenlängenintervall 500-600 nm *erwartet* man also mit dem 2,2-m Teleskop zu messen? Nehmen Sie hierfür an, der Fluss f_λ sei konstant über diesem Wellenlängenintervall. (10 Punkt)

Für lange Belichtungszeiten t bei kleinen Raten k unterliegt die Anzahl der gemessenen Photonen (N) der Poisson-Statistik mit Mittelwert (*Erwartungswert*) $\bar{N} = kt$ und Varianz $\text{Var}(N) = kt$. Man kann also die scheinbare Magnitude anhand des gemessenen Flusses nur mit einer gewissen *relativen Unsicherheit* σ/\bar{N} bestimmen. ($\sigma = \sqrt{\text{Var}(N)}$ ist die Standardabweichung.)

- Wie lange muss für eine statistische Unsicherheit von 5% in Γ_λ beobachtet werden, wenn das Objekt $m_V = 22 \text{ mag}$ hat? Wie ändert sich die Antwort, wenn die gewünschte Unsicherheit 1% betragen soll? Wiederholen Sie diese Rechnung für den Fall, dass die Quelle $m_V = 26 \text{ mag}$ hat. (15 Punkte)
- Nun aber realistisch: Wie lange sollte ein Objekt mit $m_V = 26$ beobachtet werden für eine statistische Unsicherheit von 5%, wenn man zusätzlich den Beitrag durch die Hintergrundzählrate ($k_{\text{bg}} = 100 \text{ s}^{-1}$ für die Messapertur der Quelle) berücksichtigt? (15 Punkte)
Hinweis: Die Hintergrundzählrate wird in einem "quellenlosen" Himmelsbereich bestimmt und von der Gesamtzählrate im Himmelsbereich der Quelle subtrahiert, daher geht die Hintergrundzählrate nur in die Messunsicherheit ein, dafür allerdings *doppelt*.