

IOAA-Austria

Finale 2025

1 Ein synchroner Satellit (10P)

Ein synchroner Satellit ist ein Satellit, der die Erde in genau der gleichen Zeit umkreist, die die Erde für eine Umdrehung um ihre eigene Achse benötigt. Die Höhe dieser Satelliten beträgt 35786 km über der Erdoberfläche. Ein Satellit befindet sich in einer geneigten synchronen Umlaufbahn mit einer Neigung von $\theta = 6,69^\circ$ zur Äquatorebene. Berechnen Sie den genauen Wert der maximal möglichen Höhenwinkel des Satelliten für einen Beobachter mit einem Breitengrad von $\phi = 51,49^\circ$. Vernachlässigen Sie die Auswirkungen der Refraktion durch die Erdatmosphäre.

2 Saturn (10P)

Saturn wird am 21. September 2025 in Opposition sein. Berechnen Sie in welchem Jahr Saturn zuletzt in Opposition in der Nähe des 22. März war (in der Nähe heißt hier, mit einer Genauigkeit von ± 7 Tagen). Gehen Sie davon aus, dass die Umlaufbahnen der Erde und des Saturn kreisförmig sind und der Bahnradius des Saturn $r_S = 9,58$ AE beträgt.

3 Supernova 1987A (11P)

Die Supernova SN 1987A erreichte ihre maximale Helligkeit mit einer scheinbaren Magnitude von +3 etwa am 15. Mai 1987 und verblasste anschließend, bis sie am 4. Februar 1988 mit bloßem Auge nicht mehr sichtbar war. Es wird angenommen, dass die Luminosität der Supernova L mit der Zeit t exponentiell abnahm, $L = L_0 e^{-t/\tau}$, wobei L_0 und τ Konstanten sind. Die maximale scheinbare Helligkeit, die mit bloßem Auge wahrgenommen werden kann, beträgt +6.

- (a) Bestimmen Sie den Wert von τ in Tagen. (4 Punkte)
- (b) Bestimmen Sie den letzten Tag, an dem Beobachter die Supernova noch sehen konnten, wenn sie ein 6-Zoll (15,24 cm) Teleskop mit einer Transmissionseffizienz von $T = 70\%$ verwendet hätten. Nehmen Sie an, dass der durchschnittliche Durchmesser der menschlichen Pupille 0,6 cm beträgt. (7 Punkte)

4 Sternkarten

Wir betrachten in dieser Aufgabe die Sternkarte in Abbildung 1. Minuspunkte werden jeweils nur in jeder Unteraufgabe vergeben, sodass man mit minimal 0 Punkten pro Unteraufgabe enden kann. Namen können entweder nach der IAU-Abkürzung (bzw. der Messier-Katalognummer), auf Lateinisch, Deutsch oder Englisch angegeben werden.

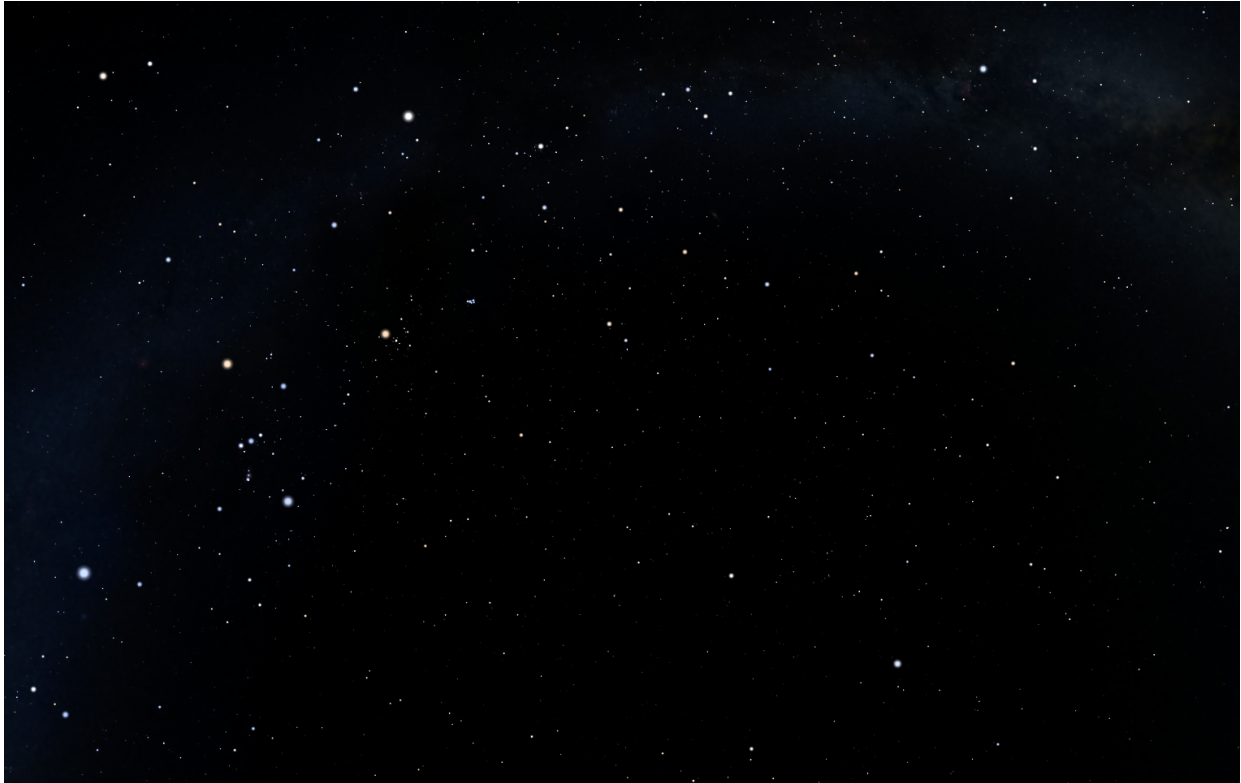


Abbildung 1: Sternkarte

- (a) Welche auf der Ekliptik liegenden Sternbilder sind in der Sternkarte zu sehen? (2 Punkte pro Sternbild, -2 Punkte pro falscher Angabe)
- (b) Welche auf dem Himmelsäquator liegenden Sternbilder sind in der Sternkarte zu sehen? (2 Punkte pro Sternbild, -2 Punkte pro falscher Angabe)
- (c) Welche Objekte aus dem Messier-Katalog sind auf der Sternkarte zu sehen? (2 Punkte pro Objekt, -2 Punkte pro falscher Angabe)
- (d) In welche Richtung liegt der Himmelsnordpol? (2 Punkte)
- (e) In welchem Sternbild liegt die Sonne am heutigen Tag, dem 22.03.2025? (3 Punkte)

5 Ein Blick aus Mumbai (13P)

Nutzen Sie die folgende Tabelle, um die Fragen zu beantworten:

Stern	Rektaszension	Deklination
Aldebaran	$4^h 36^m$	$16^\circ 31'$
Miaplacidus	$9^h 13^m$	$-69^\circ 42'$
Deneb	$20^h 41^m$	$45^\circ 20'$
Regulus	$10^h 08^m$	$12^\circ 18'$
Hadar	$14^h 04^m$	$-60^\circ 24'$

Vernachlässigen Sie in dieser Aufgabe atmosphärische Effekte.

- (a) Wenn der Stern Deneb Ihren lokalen Meridian überquert, wie lange müssen Sie warten, bis Miaplacidus Ihren lokalen Meridian überquert? (2 Punkte)
- (b) Die Koordinaten von Mumbai, Indien, sind $19,07^\circ$ N, $72,88^\circ$ E. Welcher dieser Sterne wäre niemals für einen Beobachter in Mumbai sichtbar? (2 Punkte)
- (c) In dem Moment, in dem Regulus den lokalen Meridian eines Beobachters in Mumbai überquert, was sind die Breite und Länge eines Beobachters, der Aldebaran im Zenit sieht? (4 Punkte)
- (d) Für einen Beobachter in Mumbai, wie lange wird Aldebaran über dem Horizont sein? (5 Punkte)

6 Mondbeobachtung (14P)

Aniket fotografierte den Mond kurz bevor er die Venus bedeckte (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Foto des Mondes kurz vor der Okkultation

- (a) Berechnen Sie mithilfe des Fotos die Phase des Mondes. Die Phase ist das Verhältnis zwischen dem größten beleuchteten Abschnitt des Monddurchmessers und dem gesamten Durchmesser. (2 Punkte)
- (b) Berechnen Sie mithilfe der Messung aus (a) den Phasenwinkel des Mondes. Der Phasenwinkel ist der Winkel zwischen den Verbindungslinien Sonne–Mond und Mond–Erde. (5 Punkte)
- (c) Das Foto wurde einige Tage nach der größten westlichen Elongation (Elongation ist der von der Erde aus gesehene Winkelabstand zwischen der Sonne und dem Himmelsobjekt) der Venus aufgenommen. Bestimmen Sie die Entfernung der Venus zur Erde zum Zeitpunkt der Aufnahme unter Verwendung ihrer Ergebnisse aus (b). Gehen Sie davon aus, dass die Bahnen der Erde und der Venus kreisförmig sind und dass der Bahnradius der Venus $r_V = 0,72$ AE beträgt. (7 Punkte)

7 Der Oberth Effekt (15P)

Eine Rakete der Masse m befindet sich auf einer Ellipsenbahn um die Sonne. Sei v_1 die Höchstgeschwindigkeit und v_2 die kleinste Geschwindigkeit der Rakete.

- (a) Bestimmen Sie sowohl die große Halbachse a als auch den Drehimpuls und die Energie der Rakete. (8 Punkte)

Die Rakete feuert nun ihre Triebwerke, welche einen Massenstrom μ besitzen, für eine **kurze** Zeit Δt und erhöht somit ihre Geschwindigkeit in Bewegungsrichtung um den Betrag Δv .

- (b) Bestimmen Sie Δv , wenn die Relativgeschwindigkeit des ausgestoßenen Treibstoffes u beträgt. (3 Punkte)

Aufgrund der Impulserhaltung ist Δv unabhängig von der Position der Rakete auf der Ellipsenbahn. Man stellt sich die Frage, wie sich dadurch die Energie der Rakete verändert.

- (c) Finden Sie die Änderung der Gesamtenergie der Rakete in Abhängigkeit von dem Abstand zur Sonne, bei dem die Triebwerke gezündet wurden. Bei welchem Punkt in der Bahn ist diese Energieänderung maximal? Nehme dazu an, dass die Geschwindigkeitsänderung relativ klein ist. (4 Punkte)

8 Spock, wo sind wir? (15P)

Das Raumschiff Enterprise fliegt durch ein neu entdecktes Wurmloch zum Zeitpunkt $t = 0$ und taucht an einem unbekannten Ort und einer unbekannten Zeit $t = t_{\text{out}}$ wieder auf. Schnell nimmt die Crew Messungen der Umgebung auf. Sie finden, dass die Temperatur des kosmischen Mikrowellenhintergrunds hier $T = 0,3 \text{ }^\circ\text{K}$ beträgt. Nehmen Sie an, dass die Evolution des Universums nach $t = 0$ durch die kosmologische Konstante Λ und vor $t = 0$ durch Materie $\rho(t)$ dominiert wird. Nehmen Sie an, dass bei $t = 0$ die CMB Temperatur $T_0 = 2,7 \text{ }^\circ\text{K}$, die Hubble-Konstante $H_0 = 67 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ und $\Lambda = 1,57 \times 10^{-52} \text{ m}^{-2}$ ist.

- (a) Ist das Raumschiff in die Zukunft oder in die Vergangenheit gereist? (1 Punkt)
- (b) Welchen Skalenfaktor a hat das Universum nach dem Flug durch das Wurmloch? Begründen Sie Ihre Antwort. Der Skalenfaktor bei $t = 0$ ist $a_0 = 1$. (4 Punkte)
Hinweis: Betrachten Sie die Wellenlänge eines Photons. Der Skalenfaktor beschreibt die kosmologische Längenänderung durch die Expansion des Universums. Falls Sie keine Antwort auf (b) finden, nehmen Sie $a = 2$ an.
- (c) Leiten Sie anhand der Friedmanngleichungen her, wie sich der Skalenfaktor als Funktion der Zeit für $t > 0$ (falls das Raumschiff in die Zukunft gereist ist) bzw. für $t < 0$ (falls es in die Vergangenheit gereist ist) verhält. (5 Punkte)
- (d) Anhand (c), welche Hubble-Konstante würden wir beim Austritt erwarten? (2 Punkte)
- (e) Wie viele Jahre in die Vergangenheit bzw. Zukunft ist das Raumschiff gereist? (1 Punkt)
- (f) Nach kurzem Suchen findet die Crew nun ihre Position im weit entfernten Galaxienhaufen Abell 1689. Vor dem Eintritt in das Wurmloch hatte Abell eine Rotverschiebung von $z = 0.18$ und Entfernung von 754 Mpc von der Erde. Wie weit ist die Crew nun von der Erde entfernt? Berücksichtigen Sie nur die Expansion des Universums. (2 Punkte)