

Astronomie für Nicht-Physiker Klausurzettel

- Längeneinheiten:
 - $1 \text{ AU} = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$
 - $1 \text{ ly} = 9.46 \cdot 10^{12} \text{ km}$
 - $1 \text{ pc} = 3.26 \text{ ly}$ ist die Distanz eines Sterns, dessen Parallaxe 1 Bogensekunde ist
- Größen der Sonne und Erde:
 - $M_{\text{sun}} = 1.9 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
 - $R_{\text{sun}} = 6.9 \cdot 10^8 \text{ m}$
 - $M_{\text{earth}} = 5.9 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
 - $R_{\text{earth}} = 6.3 \cdot 10^6 \text{ m}$
- Beobachtung eines Objekts vor der Projektionsebene von 2 unterschiedlichen Beobachtungspunkten
 - Parallaxe: Strecke zwischen den Projektionspunkten auf der Projektionsebene
 - Basislinie: Abstand zwischen den Beobachtungspunkten
 - Parallaxenwinkel: Richtungsunterschied zwischen den Betrachtungsvektoren
- Kugelgestalt der Erde
 - Erdschatten auf Mond ist rund
 - Schatten an unterschiedlichen Orten
 - Himmelsnordpol sinkt wenn man sich südwärts bewegt
 - Schiffe verschwinden hinter Horizont
- Ptolemäus (kirchlich anerkanntes Weltbild)
 - Erde im Zentrum
 - 7 planetäre Sphären + Fixsternsphäre
 - Planeten bewegen sich auf Epizyklen
 - erklärt retrograde Bewegung des Mars
- Kopernikus' heliozentrisches Weltbild (1543)
 - Sonne ist Zentrum
 - Erde und Planeten umkreisen Sonne
 - Erde rotiert
 - Mond umkreist Erde
- Keplersche Gesetze (1609-19)
 1. Planeten bewegen sich auf Ellipsen, eine der Brennpunkte ist die Sonne
 2. Fahrstrahl zwischen Sonne und Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen
 3. $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 \propto \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3$ mit P_i = Umlaufzeit und a_i = gr. Halbachse
- Galileo: Entdeckung der Venusphasen und 4 Jupitermonde (1610)
- Newtonsche Gesetze
 1. Trägheitsgesetz
 2. $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$
 3. $\vec{F}_{A \Rightarrow B} = -\vec{F}_{B \Rightarrow A}$
- Gravitationsgesetz $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- Stefan-Boltzmann-Gesetz $F = \sigma_S T_{\text{eff}}^4$ mit F = Energiefluss in $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, $\sigma_S = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ kg s}^{-3} \text{ K}^{-4}$, T_{eff} = Effektivtemperatur
- Kleinkörper des Sonnensystems: Monde, Asteroiden, Kuiper-Güter-Objekte, Zwergplaneten, Kometen, Meteore(glühen)/Meteorite(einschlagen)/Meteoroid(e(im All))
 - 3 Asteroidtypen ([C]arbonreich, [S]ilikareich, [M]etallreich)
 - 5 Zwergplaneten
- Kreisbahngeschwindigkeit: $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$
 - geostat. Orbit: $r = 42000 \text{ km}$, $v_1 = 3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

- Fluchtgeschwindigkeit: $v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{2}v_1$
- Raketengleichung: $\Delta v = v_e \ln \frac{m_i}{m_f}$ mit $\Delta v = \text{max. Geschwindigkeitsgewinn}$, $v_e = \text{Treibstoffaustrittsgeschwindigkeit}$, m_f finale Masse der Rakete, m_i Anfangsmasse der Rakete
- Zeitdilation: Lorentz-Faktor $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}} \geq 1$
- Minkowski-Diagramm: x-Achse ist Raum, y-Achse ist Zeit
 - Weltlinien von Lichtteilchen bilden Kausalitätsgrenze (Lichteck)
 - 2 Ereignisse sind zeitartig, wenn das eine das andere beeinflussen kann
 - sonst raumartig
 - Grenze heißt lichtartig
- Sonne
 - Granulation: wabenartige Struktur auf der Sonnenoberfläche, entsteht durch Konvektion
 - Kern, radiative Zone (starre Rotation)
 - Tachocline (Übergang)
 - konvektive Zone (differentielle Rotation, schneller am Äquator)
 - Photosphäre, Chromosphäre, Corona
 - Protuberanzen, Eruptionen, Sonnenflecken (Umbra+Penumbra) durch Magnetfeldänderungen
 - Sonnenzyklus: Wanderung der Sonnenflecken von 35° zum Äquator im 11 Jahre-Rhythmus, dabei Umpolung des Magnetfelds (Butterfly diagram)
 - Sonnenspektrum (Entdeckung von Helium durch Fraunhofer-Linien)
- Spektralklassifikation von Sternen
 - Harvard-Klassifikations-Schema: O,B,A,F,G,K,M
 - Leuchtkraftklassen I bis V absteigend sortiert
 - Sonne: G2V
- Wiensches Verschiebungsgesetz $\lambda_{\text{max}} = \frac{\text{const.}}{T_{\text{eff}}}$
- Stefan-Boltzmann-Gesetz $P = A\sigma_S T_{\text{eff}}^4$ mit $P = \text{emittierte Leistung eines Schwarzkörpers}$
- Luminosität der Sonne: $L_{\text{sun}} = 4\pi R_{\text{sun}}^2 \sigma_S T_{\text{eff}}^4$
- scheinbare Helligkeit
 - Helligkeitsunterschied $\Delta m = m_1 - m_0 = -2.5 \log_{10} \left(\frac{\Phi_1}{\Phi_0} \right)$ mag mit m_0, m_1 Magnituden, Φ_0, Φ_1 Lichtströme zweier Himmelskörper
 - Beleuchtungsstärke auf Fläche senkrecht zur Strahlrichtung: $E_v = 10^{-0.4 \left(\frac{m_v}{\text{mag}} + 14.2 \right)} \text{ lx}$ mit $m_v = \text{scheinbare visuelle Helligkeit}$
 - Gesamthelligkeit von Mehrfachsternen $m_{\text{ges}} = -2.5 \log_{10} \sum_{k=1}^n 10^{-\frac{0.4}{\text{mag}} m_k}$ mag mit m_k Helligkeiten der Einzelkomponenten
- absolute Helligkeit
 - selbstleuchtende Objekte: 10 pc vom Beobachter
 - reflektierende Objekte: 1 AU vom Beobachter mit Sonnenposition = Beobachter
 - $m - M = 5 \log_{10} \left(\frac{d}{10 \text{ pc}} \right)$ mag mit $m = \text{scheinbare Helligkeit}$, $M = \text{absolute Helligkeit}$, $d = \text{Entfernung in pc}$
 - $d^* = 10^{1 - \frac{m-M}{-5 \text{ mag}}}$ mit $d^* = \frac{d}{\text{pc}} = \frac{1}{\pi}$, $\pi = \text{jährliche Parallaxe in Bogensekunden}$
- Entfernungsmodul mit Extinktion $m_\lambda = M_\lambda + 5 \log_{10}(d) - 5 + A_\lambda$ mit $A_\lambda = \text{Anzahl der Extinktions-Magnituden entlang der Beobachtungslinie}$
 - interstellares Medium (ISM) verdunkelt ferne Objekte, 70% H, 30% He
 - Extinktion ist wellenlängenabhängig
- Stellare Metallizität $\left[\frac{\text{Fe}}{\text{H}} \right] = \log_{10} \left(\frac{N_{\text{Fe}}}{N_{\text{H}}} \right) - \log_{10} \left(\frac{N_{\text{Fe}}}{N_{\text{H}}} \right)_{\text{sun}} = \log_{10} \left(\frac{N_{\text{Fe}}}{N_{\text{H}}} \right) + 4.5$
 - positive Metallizität = mehr Eisen = jünger
- Sternentwicklung: planetare Nebel, weiße Zwerge, Schalenbrennen, Supernovae

- Diffuse Molekülwolken ($m = 1 - 100 M_{\text{sun}}$) und Riesenmolekülwolken ($m = 10^5 - 10^6 M_{\text{sun}}$, $d = 50 - 500 \text{ ly}$)
 - hauptsächlich H_2
 - optische Strahlung durch Rekombination
- Offene Sternhaufen
 - entstehen in Riesenmolekülwolken
 - 100-1000 Sterne
 - $d \approx 20 \text{ ly}$
 - Sternendichte ist hoch ($\approx 1 \text{ ly}^{-3}$)
 - fast ausschließlich in den Spiralarmen der Milchstraße gefunden
- Kugelsternhaufen in Außenbezirken (Halo) der Milchstraße
 - Sterne sehr alt ($\geq 10 \text{ Gyr}$), Spektraltyp M, K
 - $\geq 10^5$ Sterne
 - Konzentration nimmt zum Zentrum hin stark zu
 - $d \approx 100 \text{ ly}$
- Milchstraße
 - Balkenspiralgalaxie
 - d: 170 bis 200 kly
 - Dicke: 350 pc außen bis 4600 pc im Bulge
 - 100 bis 400 Mrd. Sterne
 - Sonnenorbit um Zentrum der Milchstraße dauert $\approx 220 \text{ Myr}$
 - Sonne ist derzeit $\approx 65 \text{ ly}$ über der galaktischen Ebene
 - Zentrales Schwarzes Loch mit $m = 4 \cdot 10^6 M_{\text{sun}}$
 - Halo: fast staubfrei, Sterne geringer Metallizität, heißes Gas ($> 10^6 \text{ K}$), daher keine Molekülwolken, daher keine Sternentstehung
- Kosmische Entfernungsleiter
 - Radar, Reichweite 1-10 AU
 - Parallaxe, Reichweite 2 kpc
 - Cepheiden: pulsationsveränderliche Sterne, deren Helligkeitsschwankungen periodisch erfolgen
 - Perioden-Leuchtkraft-Relation $M_v = -2.81 \log_{10}(P_d) - 1.43$ mit $P_d = \text{Pulsationsperiode in d}$
- Rotationskurve der Milchstraße
 - Bulge: starrer Körper
 - innere Scheibe: 3. Keplersche Gesetz
 - Großteil rotiert aber fast konstant und viel schneller als das 3. Keplersche Gesetz vorhersagt, derzeitige Erklärung: dunkle Materie
 - Andromeda-Galaxie: 765 kpc entfernt, 10^{12} Sterne, $d \approx 67 \text{ kpc}$
- Galaxien-Klassifikation
 - elliptische Galaxien: Nomenklatur: $E(10\varepsilon)$ mit $\varepsilon \equiv 1 - \frac{\beta}{\alpha}$ mit $\frac{\alpha}{\beta} = \text{gr./kl. Halbachse}$
 - Spiralgalaxien
 - Balkenspiralgalaxien
 - irreguläre Galaxien
- Tully-Fischer-Relation
 - Bei 2 Galaxien gleichen Hubble-Typs hat die absolut hellere die höhere maximale Rotationsgeschwindigkeit
 - Bei 2 Galaxien mit gleicher B-Magnitude hat die mit früherem Hubble-Typ die höhere maximale Rotationsgeschwindigkeit
- Abschätzung der Entfernung von Galaxien durch Messung von V_{max} , Abschätzung von M_B durch Tully-Fischer, Beobachten von m_B , Extinktion A_B

- mit $m_B = M_B + 5 \log_{10}(d) - 5 + A_B$ Entfernung abschätzen
- Supernovae Typ SN Ia
 - gekennzeichnet durch Abwesenheit von H- und He-Linien im Spektrum, starke Si-Absorptionslinien, $M_v \approx -18$
 - haben immer die gleiche absolute Magnitude $\Rightarrow$ Standardkerze
- Hubble-Gesetz $v = H_0 d$ mit v = relative Expansionsgeschwindigkeit, d = Entfernung, $H_0 = 70 \frac{\text{km}}{\text{s Mpc}}$
 - Hubble-Zeit: $H_0^{-1} = 14 \text{ Gyr}$
- Λ CDM-Modell: akzeptiertes Modell für Evolution und Aufbau des Universums
 - $\Lambda \Rightarrow$ Dunkle Energie (73%)
 - CDM $\Rightarrow$ Cold Dark Matter (23%)
 - Baryonische Materie (4%)
- Kosmologische Rotverschiebung $z \equiv \frac{\lambda_{\text{obs}}}{\lambda_0} - 1$ mit λ_{obs} = beobachtete Wellenlänge, λ_0 = Laborwellenlänge