

Astrophysik I

Einleitung

Alle Angaben in diesem Skriptum sind ohne Gewähr!
Jedes Feedback hilft, die vorliegenden und künftigen Skripten zu verbessern.

Dieses Skriptum erläutert den Stoff der VU 280430 Astrophysik I, die im Sommersemester 2017 von Ernst Dorfi und Manuel Güdel gehalten wurde. Es handelt sich dabei um eine Fortsetzung des Skriptums „Astronomieeinführung“ für das zweite Semester.

In diesem Einführungsskript und in der Steop-Astronomieeinführungsvorlesung wurde ein erster Überblick über die relevantesten Forschungsergebnisse in der Astronomie dargestellt. Mit welchen mathematischen und beobachtungstechnischen Methoden die Astronomen auf diese Ergebnisse gekommen sind, wurde jedoch kaum behandelt. Das wird in dieser Fortsetzung nachgeholt.

Voraussetzungen für das Verständnis dieses Skripts sind der Maturastoff und der Stoff aller Steop-Vorlesungen für Astronomie. Am Anfang jedes Skriptums wird ein Link zu den benötigten Grundlagen sein.

1 Aufbau des Skriptums

In den ersten zwei Hauptkapiteln werden die grundlegenden Methoden beschrieben, wie Astronomen zu ihren Ergebnissen kommen:

Im Kapitel eins werden die physikalischen Grundlagen erläutert. Dabei ist vor allem die Gravitation interessant, die bei niedrigen Geschwindigkeiten und geringen Massen mit der Newton'schen Mechanik genähert werden kann. Bei hohen Geschwindigkeiten oder großen Massen benötigt man die Relativitätstheorie. Die anderen drei Wechselwirkungen haben eine kurze Reichweite und kommen daher in der Astronomie nur selten vor.

Das Kapitel zwei über die Strahlung ist für die beobachtungstechnischen Methoden ganz grundlegend, weil fast die gesamte Information, die uns aus dem Weltall erreicht, über Strahlung zu uns kommt. (Mit Neutrino- und Gravitationswellendetektion konnten wir bisher kaum Ergebnisse gewinnen).

In den weiteren Kapiteln werden die Grundlagen aus den ersten zwei Kapiteln auf einige wichtige astronomische Themen angewendet. Dabei werden manche Behauptungen aus dem ersten Semester bewiesen, es werden aber auch einige ungelöste Widersprüche auftauchen.

2 Die Vorlesung

Die VU 280430 Astrophysik I ist eine Fortsetzung der Vorlesung 280420 Astronomieeinführung für das zweite Semester. Das Kürzel VU steht für Vorlesungsübung, dass bedeutet, dass sie Vorlesungen und Übungen beinhaltet, für die es nur eine Gesamtnote gibt. Die Gesamtnote errechnet sich aus folgenden Faktoren:

Faktor	Anteil der Note	Mindestanforderung
Tests	67%	keine
Gekreuzte Beispiele	33%	50% der Beispiele angekreuzt
Tafelpräsentationen	Pro Punkt 1,3% zusätzlich	Mehr als zwei Punkte
Anwesenheit	0%	Mehr als 75% Anwesenheit

Es sind zwei Tests geplant, die zu $\frac{2}{3}$ in die Note einfließen. Dabei handelt es sich um Multiple-Choice-Tests, bei denen der Stoff der Vorlesung auswendig wiedergegeben werden muss. Die beiden Tutorien, die vor den Tests angeboten werden, sind empfehlenswert, auch weil der Tutor dabei den Stoff einschränkt. Wenn man einen Test versäumt, muss man den am Ende des Semesters nachholen.

Das restliche Drittel der Note wird durch den Erfolg bei den Übungsbeispielen bestimmt. Dabei handelt es sich um Rechenbeispiele, die sich auf die Vorlesung beziehen. Wenn man glaubt ein Beispiel geschafft zu haben, kreuzt man dieses elektronisch spätestens eine halbe Stunde vor der Übung an. Wenn man weniger als die Hälfte der Beispiele angekreuzt hat, ist die VU automatisch negativ. Wenn man mehr als die Hälfte der Beispiele geschafft hat, geht die Zahl der gekreuzten Beispiele zu einem Drittel in die Gesamtnote ein.

Einmal (in seltenen Fällen zweimal) pro Semester muss man ein Beispiel an der Tafel vorrechnen, wobei der Übungsleiter oft auch Verständnisfragen in Bezug auf das Beispiel stellt. Dabei kann man je nach Qualität der Präsentation bis zu zwei Punkte erreichen. Um positiv zu sein, benötigt man auch zwei Punkte, das heißt, falls man nur einmal pro Semester vorrechnet, muss man dabei die Höchstpunktzahl erreichen. Wenn man mehr als zwei Punkte erreicht, bekommt man pro zusätzlichem Punkt 1,3% dazu. So ist es auch möglich mehr als 100% zu erreichen.

Wenn man eine Übungseinheit versäumt, verliert man die Kreuzerl für die Übungsbeispiele, welche in dieser Einheit durchgenommen wurden. Fehlt man sogar in einem Viertel der Übungseinheiten, hat man die VU automatisch negativ.

Insgesamt errechnet sich die Note mit der Formel

$$L = 0,67T + 0,33K + 0,013(P - 2)$$

In dieser Formel steht L für die Leistung in Prozent, T für das Testergebnis in Prozent, K für die gekreuzten Beispiele in Prozent und P für die Gesamtpunktzahl der Tafelpräsentationen. Die Benotung erfolgt mit folgendem Notenschlüssel:

1	$L > 90\%$
2	$77\% < L < 90\%$
3	$60\% < L < 77\%$
4	$50\% < L < 60\%$
5	$L < 50\%$

3 Oft benötigte Daten

Einheiten, Naturkonstanten und Dezimalpräfixe werden im Verlauf der nächsten Semester oft benötigt. Deshalb werden sie hier zusammengefasst

Dezimalpräfixe

Vergrößerungen		Verkleinerungen	
10^3	Kilo (k)	10^{-3}	Milli (m)
10^6	Mega (M)	10^{-6}	Mikro (μ)
10^9	Giga (G)	10^{-9}	Nano (n)
10^{12}	Terra (T)	10^{-12}	Pico (p)
10^{15}	Peta (P)	10^{-15}	Femto (f)
10^{18}	Exa (E)	10^{-18}	Atto (a)
10^{21}	Zetta (Z)	10^{-21}	Zepto (z)
10^{24}	Yotta (Y)	10^{-24}	Yokto (y)

Oft benötigte Einheiten

Größe	cgs-Einheit	Alternative Einheiten
Elektrische Ladung (Q)	Franklin (Fr)	1 C = 10Fr 1statC = 10Fr
Energie (E)	Erg (erg)	1J = 1×10^{-7} erg 1cal = $4,1 \times 10^{-7}$ erg 1eV = $1,6 \times 10^{-12}$ J
Kraft (F)	Dyn (dyn)	1N = 1×10^5 dyn
Leistung (P)	Erg pro Sekunde ($\frac{\text{erg}}{\text{s}}$)	1PS = $7,3 \times 10^9$ erg/s 1W = 1×10^7 erg/s
Leuchtkraft (L)	Erg pro Sekunde ($\frac{\text{erg}}{\text{s}}$)	1L _☉ = $3,9 \times 10^{33}$ erg/s 1W = 1×10^7 erg/s
Magnetischer Fluss (Φ)	Maxwell (Mx)	1Wb = 1×10^8 Mx 1Gcm ² = 1Mx 1statTcm ² = 1Mx
Masse (M)	Gramm (g)	1M _☉ = 2×10^{33} g 1u = $1,6 \times 10^{-24}$ g
Spannung (U)	Statvolt (statV)	1V = 1×10^8 statV 1abV = 1statV
Stoffmenge (n)	Mol (mol)	
Stromstärke (I)	Ampere (A)	
Temperatur (T)	Kelvin (K)	0°C = 273°K
Weg (x)	Zentimeter (cm)	1pc = 3×10^{18} cm 1AU = $1,5 \times 10^{14}$ cm
Wellenlänge (λ)	Zentimeter (cm) 4	1Å = 1×10^{-8} cm
Winkel (φ)	Bogenmaß (rad)	1° = $1,7 \times 10^{-2}$ rad 1' = $4,8 \times 10^{-6}$ rad
Zeit (t)	Sekunde (s)	1y = $3,2 \times 10^7$ s 1d = $8,6 \times 10^4$ s

Oft benötigte Naturkonstanten

Name	Größe	Erklärung
Avogadrokonstante (N_A)	$6 \times 10^{23} \frac{1}{mol}$	Anzahl der Atome pro Mol
Boltzmannkonstante (k_B)	$10^{-16} \frac{erg}{K}$	Verhältnis zwischen Temperatur und Energie
Einsteingeschwindigkeit (c)	$3 \times 10^{10} \frac{cm}{s}$	Höchstmögliche Geschwindigkeit und Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts im Vakuum
Elektrische Feldkonstante (ϵ_0)	$8,8 \times 10^{-22} \frac{As}{statVm}$	Verhältnis zwischen elektrischer Flussdichte und elektrischer Feldstärke im Vakuum
Elektronenmasse (m_e)	$9,1 \times 10^{-28} g$	Masse eines Elektrons
Elementarladung (e)	$1,6 \times 10^{-20} Fr$	Kleinstmögliche Ladung und Ladung eines Protons
Eulersche Zahl (e)	2,71	Grenzwert der Reihe $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!}$
Faradaykonstante (F)	$9,6 \times 10^3 \frac{Fr}{mol}$	Elektrische Ladung eines Mols einfach geladener Ionen
Feinstrukturkonstante (α)	$7,3 \times 10^{-3}$	Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung
Gravitationskonstante (G)	$6,7 \times 10^{-8} \frac{cm^3}{gs^2}$	Verhältnis zwischen Masse und Fallbeschleunigung eines Planeten
Magnetische Feldkonstante (μ_0)	$0,12 \frac{dyn}{A^2}$	Verhältnis zwischen magnetischer Flussdichte und magnetischer Feldstärke
Magnetisches Flussquantum (Φ_0)	$2,1 \times 10^{-7} Mx$	Kleinstmöglicher magnetischer Fluss
Molare Gaskonstante (R)	$8,3 \times 10^7 \frac{erg}{Kmol}$	Unterschied der Wärmekapazität eines idealen Gases zwischen isobarer und isochorer Zustandsänderung
Neutronenmasse (m_n)	$1,7 \times 10^{-24} g$	Masse eines Neutrons
Pi (π)	3,14	Verhältnis zwischen Durchmesser und Umfang eines Kreises
Planck'sches Wirkungsquantum (h)	$6,7 \times 10^{-27} ergs$	Verhältnis zwischen Orts- und Impulsunschärfe
Protonenmasse (m_p)	$1,7 \times 10^{-24} g$	Masse eines Protons
$\frac{Protonenmasse}{Elektronenmasse} \left(\frac{m_p}{m_e} \right)$	$1,8 \times 10^3$	Verhältnis zwischen Protonen- und Elektronenmasse
Rydbergkonstante (R_{∞})	$1,1 \times 10^5 \frac{1}{cm}$	Hilfskonstante zur Berechnung von Atomspektren
Stefan-Boltzmann-Konstante (σ)	$5,7 \times 10^{-5} \frac{erg}{sm^2K^4}$	Hilfskonstante zur Aufstellung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes
Wiensche Konstante (b)	$2,9 \times 10^{-2} cmK$	Hilfskonstante zur Aufstellung des Wienschen Verschiebungsgesetzes