



## Allgemeine Regeln

- Die Bearbeitungszeit der Klausur beträgt *eine Stunde*.
- Außer eines Taschenrechners sind *keine Hilfsmittel* erlaubt.
- *Alle Fragen sind zu bearbeiten*.
- Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt **50 Punkte**.

## Nützliche Konstanten

Parsec	$1 \text{ pc} = 206265 \text{ AU}$
Sonnenmasse	$M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$
Sonnenleuchtkraft	$L_{\odot} = 3.9 \times 10^{26} \text{ J s}^{-1}$
Oberflächentemperatur der Sonne	$T_{\odot} = 5800 \text{ K}$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 300000 \text{ km s}^{-1}$
Atomare Masseneinheit	$1 \text{ amu} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Elektronenvolt	$1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$

## Frage 1: Sterne und Sternaufbau

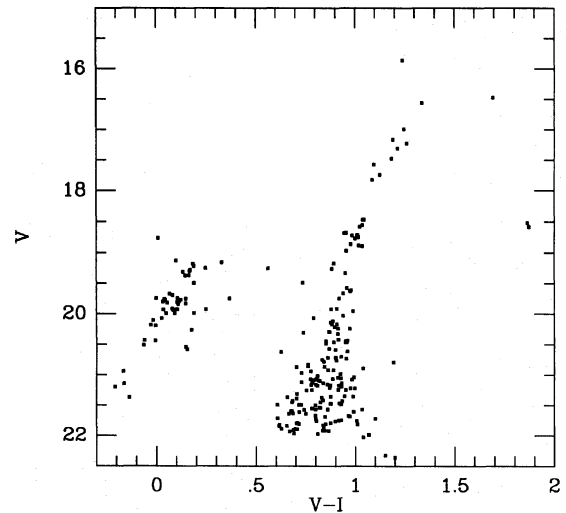
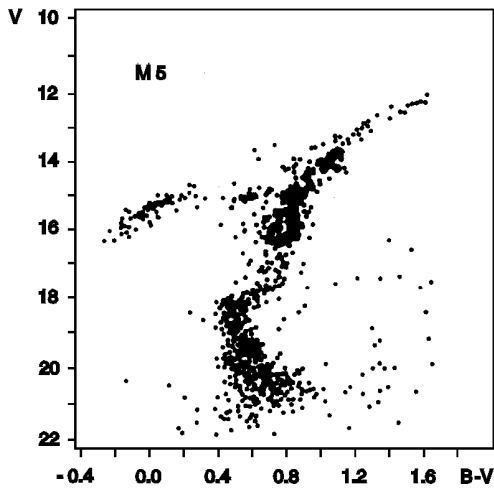
- Beschreiben Sie den inneren Aufbau eines Hauptreihensterns mit  $2 M_{\odot}$  Masse ..... (4 Punkte).
- Beschreiben Sie kurz die Entwicklung dieses Sterns von der Hauptreihe bis zum AGB und zeichnen Sie diese in ein Hertzsprung-Russell-Diagramm ein. .... (5 Punkte)
- Der  $3\alpha$ -Prozess kann vereinfacht durch die Reaktionsgleichung



beschrieben werden. Bestimmen Sie die pro  $3\alpha$ -Reaktion freiwerdende Energie in Einheiten von MeV. Die Masse von  ${}^4\text{He}$  ist 4.003 amu, die von  ${}^{12}\text{C}$  ist 12.000 amu. .... (2 Punkte)

## Frage 2: Entfernungsbestimmung bei Kugelsternhaufen

Die folgende Abbildung zeigt die Farben-Helligkeits-Diagramme (FHDs) des Kugelsternhaufens M5 in der Milchstraße und des Kugelsternhaufens Hodge 11 in der Großen Magellan'schen Wolke. Die  $y$ -Achse ist dabei in Magnituden angegeben, die  $x$ -Achse ist die Differenz der Helligkeiten in zwei Farbfiltern, die mit der Temperatur zusammenhängt (kleinere Werte entsprechen höheren Temperaturen).



- Bestimmen Sie den Relativabstand von Hodge 11 in Bezug auf M5. .... (3 Punkte)
- Der Horizontalast hat eine absolute Helligkeit von  $M = 0.6$  mag. Bestimmen Sie das Entfernungsmodul und die Entfernung von Hodge 11. .... (2 Punkte)
- Vergleichen Sie die Entfernung von Hodge 11 mit der typischer Größen von Spiralgalaxien. Wie weit ist daher die Große Magellan'sche Wolke von uns entfernt? .... (2 Punkte)

### Frage 3: Galaxien

- Skizzieren Sie das "Hubble'sche Stimmgabeldiagramm" zur Galaxienklassifikation. . (4 Punkte)
- Beschreiben Sie den Aufbau und die typischen Eigenschaften einer Galaxie vom Typ SBb. (6 Punkte)
- Ab einem gewissen Abstand vom Zentrum der Galaxie sind die Rotationskurven von Spiralgalaxien flach. Die gemessene radiale Helligkeitsverteilung einer Spiralgalaxie ist  $I(r) = I_0 \exp(-r/H)$  wo  $H$  eine Konstante ist. Begründen Sie, warum Sie für Sterne annehmen können, daß  $M/L = \text{const.}$  und zeigen Sie, daß das aus dieser Helligkeitsverteilung erwartete Geschwindigkeitsprofil nicht mit dem beobachteten übereinstimmt. Was wird allgemein aus dieser Diskrepanz geschlußfolgert? (6 Punkte)

### Frage 4: Kosmologie

- Diskutieren Sie die Beobachtungen, die auf ein Entstehen des Universums in einem Urknall vor ca. 14 Mrd. Jahren hindeuten. .... (5 Punkte)
- Die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung für die Maximalleuchtkraft von Cepheiden ist  $M = -2.76 \log P - 1.40$  wo  $P$  die Oszillationsperiode des Cepheiden in Tagen ist und wo der Logarithmus zur Basis 10 gemessen wird. In einer Spiralgalaxie wird ein Cepheid mit einer Periode von 25 Tagen und bei einer scheinbaren Helligkeit von 24 mag beobachtet.
  - Was ist das Entfernungsmodul und was ist die Entfernung dieser Galaxie? .... (3 Punkte)
  - Wie groß ist die scheinbare Geschwindigkeit, mit der sich die Galaxie von uns entfernt? (2 Punkte)
  - Bestimmen Sie die Wellenlänge, bei der die Ca K Absorptionslinie der Galaxie (Ruhewellenlänge  $\lambda = 393.37$  nm) auf der Erde beobachtet wird .... (3 Punkte)
- Was sind Supernovae vom Typ Ia und warum sind sie für die Kosmologie von so großer Bedeutung? (3 Punkte)