Lösungen Astronomie

1. Ein Stern ist eine selbstleuchtende Gaskugel, die eine große Masse und eine hohe Temperatur besitzt.  
  
2. Entfernung Erde-Sonne = 150\*106 km, Radius der Sonne = 109\*Erdradius, der halbe Winkel ist der tan Sonnenradius/Entfernung Erde-Sonne=0,26°, scheinbarer Sonnendurchmesser = 0,5°  
  
3. Aufbau von innen nach außen: Kerngebiet, Strahlungszone, Konvektionszone, Photosphäre, Chromosphäre, Korona  
Am Rand der Sonne schaut man in eine geringere Tiefe der Photosphäre als in der Mitte. Die Temperatur nimmt mit der Tiefe zu und damit auch die Helligkeit.  
  
4. Einfache Erklärung: Die Sonne wandelt 4 Wasserstoffkerne durch Verschmelzung (Fusion) in einem Heliumkern um. Die Masse des Heliumkernes ist kleiner als die Masse der 4 Wasserstoffkerne zusammen (Massendefekt). Diese "verlorene" Masse wurde als Energie abgegeben.  
Folgen:   
Änderung der chemischen Zusammensetzung  
Masseverlust (3\*106 t/s!)  
begrenzte Lebensdauer  
  
5. Radiowellen, Infrarot, Licht, Ultraviolett, Röntgenwellen, Gamma-Strahlung  
Die Ozonschicht filtert die gefährlichen Anteile der UV-Strahlung heraus.  
  
6. Im Jahr 2000.  
  
7. Die Erde bildet mit dem Mond ein System.   
Die Erde gehört zum Sonnensystem. (Sonne, Planeten mit Monden, Kleinkörper)  
Die Sonne gehört zur Milchstraße. (Galaxis)  
Die Milchstraße bildet mit etwa 20 anderen Galaxien einen Galaxienhaufen (lokale Gruppe)  
Galaxienhaufen können Superhaufen bilden.  
  
8. a Zenit  
b Meridian  
c Osten  
d Westen  
e Norden  
f Horizont  
  
9. Frühling: Jungfrau, Löwe  
Sommer: Leier, Schwan  
Herbst: Andromeda, Perseus  
Winter: Orion, Zwillinge  
immer sichtbar: Großer Bär (Großer Wagen)  
  
10. lösbar mit der drehbaren Sternkarte.  
  
11. mit drehbarer Sternkarte: Position der Sonne auf der Ekliptik suchen und die Koordinaten für diesen Punkt bestimmen.  
  
12. mit drehbarer Sternkarte: Sternbild: Löwe  
Aufgang: 2.30 Uhr, Untergang: 16.15 Uhr  
Höchststand: 9.30 Uhr  
alle Zeiten mit einer Toleranz von 15 Minuten.  
  
13. 1 Winter  
2 Frühling  
3 Sommer  
4 Herbst  
Erklärung: Die Erdachse bleibt fest im Raum stehen, sie ändert weder Richtung noch Neigung. Damit ändert sich im Laufe eines Jahres für einen Punkt auf der Erde der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen erheblich. Fallen die Strahlen flach ein, ist Winter.  
  
14. Durch das Fernrohr wird die lichtsammelnde Fläche gegenüber dem Auge wesentlich vergrößert. Damit werden auch lichtschwache Objekte sichtbar.  
Das Fernrohr vergrößert die Auflösung, also das Vermögen, zwei Punkte gerade noch so zu trennen.   
Die Vergrößerung des Sehwinkels hat zu Folge, dass weit entfernte Objekte (Planeten) näher erscheinen. Bei Sternen hat das keine Auswirkung, da diese zu weit weg sind und bei zu starker Vergrößerung die Luftunruhe stört. (Seeing)  
  
15. Horizont: Linie, die sichtbaren vom nichtsichtbaren Teil der scheinbaren Himmelskugel trennt (mathematisch)  
Zenit: Punkt über dem Beobachter  
Himmelsäquator: Projektion des Erdäquators an die scheinbare Himmelskugel  
Zirkumpolarsterne: Sterne, die auf ihrer scheinbaren täglichen Bahn nicht unter dem Horizont verschwinden.  
Zirkumpolar sind alle die Sterne, deren Deklination größer ist als 90° minus Breite des Beobachtungsortes  
  
16. mit der drehbaren Sternkarte:

|  |  |
| --- | --- |
| Sommer | 63° |
| Herbst | 38° |
| Winter | 15° |
| Frühling | 38° |

17. lösbar mir der drehbaren Sternkarte  
  
18. Das tropische Jahr ist etwas länger als das Jahr der Kalenderzählung (5h 48min 46s) Diese "Verspätung" der Erdrevolution summiert sich in vier Jahren zu etwa einem Tag auf, der dann am 29. Februar "abgebummelt" wird.  
Da die Verspätung aber nicht genau 6 Stunden sind, ist ein Schaltjahr pro 4 Jahre wieder etwas zu viel:   
Schaltjahrregel des Gregorianischen Kalenders (nach Papst Gregor XIII, eingeführt 1582):  
Schaltjahre sind alle Jahre, die durch 4 teilbar sind. Alle vollen Jahrhunderte, die mit Rest durch 400 teilbar sind, sind keine Schaltjahre. (1800, 1900, 2100)  
  
19. lösbar mir der drehbaren Sternkarte  
  
20. mit dem 3. Keplerschen Gesetz

|  |  |
| --- | --- |
| Entfernung | 9,5 AE |

21. Die Venus ist von der Erde aus gesehen ein innerer Planet. Damit ist sie immer in der Nähe der Sonne zu sehen, kann also nur vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang gesehen werden. In der Nacht ist die Venus nie zu sehen, da wir von der Erde aus in die entgegen gesetzte Richtung schauen.  
Der Begriff Stern ist für die Venus falsch, sie ist ein Planet.  
  
22. Das 2. Keplersche Gesetz besagt, dass sich ein Planet so bewegt, dass der Fahrstrahl Sonne-Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächen überstreicht. Das heißt, der Planet ist in Sonnennähe langsamer als in Sonnenferne.  
Ein Planet kann nur auf einer stabilen Bahn fliegen, wenn sich Gravitationskraft und Fliehkraft die Waage halten. Ist er von der Sonne weiter entfernt, wirkt die Gravitationskraft schwächer, also muss auch die Fliehkraft schwächer sein. Das heißt, die Geschwindigkeit muss kleiner sein.  
  
23. Widerspruch zwischen Vorhersagen von Beobachtungen und der wirklichen Beobachtung (Finsternisse, Stellung der Planeten auf der Ekliptik)   
ökonomische Gründe: Eroberung von neuen Ländern   
  
24. mit dem 3. Keplerschen Gesetz

|  |  |
| --- | --- |
| Entfernung | 5,2 AE |

25. Die Position des Mars ist über mehrere Wochen bezüglich der umgebenden Sterne zu beobachten und die Bahn in einer Sternkarte festzuhalten.   
  
26. Beispiel Merkur: Merkur ist ein sehr kleiner Planet. Durch die geringe Masse hat er nur eine geringe Anziehungskraft, kann also keine Atmosphäre an sich binden. Damit können Meteoriten ungehindert auf seine Oberfläche schlagen. Es finden keine Verwitterungen statt.   
Die fehlende Atmosphäre hat einen starken Temperaturunterschied zwischen der Tag- und Nachtseite zur Folge.  
  
27. Komet: Modell schmutziger Schneeball. Bis zu einige Kilometer großer Körper aus Eis und Gestein. Bewegt sich auf einer langgestreckten elliptischen Bahn um die Sonne. Taut in Sonnennähe auf und bildet Koma und Schweif aus.  
Auf der Kometenbahn bleiben Gesteinsbrocken (Meteorit) zurück. Wenn die Erdbahn eine solche Bahn kreuzt erzeugen diese Gesteine in der Atmosphäre Leuchterscheinungen (Meteore).  
  
28. Mars ist schwerer als Merkur und von der Sonne weiter entfernt. Damit besitzt er eine Atmosphäre, die aber schwächer als die Erdatmosphäre ist. Diese Atmosphäre ist für einen Treibhauseffekt verantwortlich, so dass die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht nicht so groß sind. Es können nicht so viele Meteoriten auf den Planeten schlagen. Auf dem Mars gibt es dünne Wolken und kräftige Sandstürme.  
  
29. Die stabile Bahn eines Planeten wird durch das Gleichgewicht zwischen Gravitationskraft und Fliehkraft aufrecht erhalten. Ein weiter außen fliegender Planet spürt eine geringere Gravitationskraft, so dass die Fliehkraft auch kleiner sein muss. Die Fliehkraft berechnet sich nach der gleichen Formel wie die Radialkraft.  
  
30. Copernicus: Die Sonne steht im Mittelpunkt des Planetensystems.  
Galileo: durch Fernrohrbeobachtungen entdeckt, dass der Mond Gebirge hat, die Sonne Flecken und der Jupiter von 4 Monden umkreist wurde. Damit wurde bestätigt, dass die Erde keine ausgezeichnete Stellung im Planetensystem hat.  
  
31. Saturn  
kleinere Entfernung: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter  
  
32. Jupiter  
kleinere Entfernung zur Sonne: Merkur, Venus, Erde, Mars  
  
33. erdähnliche Planeten: Merkur, Venus, Erde, Mars  
kleiner Radius, kleine Masse, große Dichte, geringe Sonnenentfernung, feste Oberfläche  
jupiterähnliche Planeten: Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun  
großer Radius, große Masse, kleine Dichte, große Sonnenentfernung, gasförmige Oberfläche  
   
34. 1. scheinbare Bewegung von Ost nach West, beobachtbar innerhalb mehrerer Stunden, Ursache: Drehung der Erde von West nach Ost  
2. wahre Bewegung von West nach Ost, beobachtbar innerhalb mehrerer Abende jeweils zur gleichen Zeit, Ursache: Drehung des Mondes um die Erde von West nach Ost  
  
35. Die Mondfinsternis ist eine wirkliche Verdunklung des Mondes und damit von der halben Erdkugel aus zu sehen. Die Sonnenfinsternis ist scheinbar, es fällt der Schatten des Mondes auf die Erde und das ist immer nur ein kleines Gebiet.  
  
36. In dem Gedicht sind beim genauen Lesen außer Neumond alle Mondphasen enthalten. Offensichtlich ist zunehmender Mond: es wird die Abenddämmerung beschrieben, am Abend ist der zunehmende Mond zu beobachten, wahrscheinlich nur Mondsichel: "Er ist nur halb zu sehen und ist doch rund und schön" Hinweis auf aschgraues Mondlicht?  
Aber auch der Vollmond ist möglich. Gerade das letzte Zitat kann so ausgelegt werden, wenn man bedenkt, dass wir ja vom Mond auf Grund der gebundenen Rotation immer nur eine Hälfte sehen.

Für den abnehmenden Mond sprechen z.B. die ersten beiden Zeilen. Geht der Mond auf, wenn die Sterne am Himmel zu sehen sind, ist es bereits nach Sonnenuntergang. Damit geht der Mond aber erst nach Sonnenaufgang unter, ist also früh zu sehen und damit abnehmend.  
  
37.

|  |  |
| --- | --- |
| a) | falsch |
| b) | falsch |
| c) | richtig |
| d) | richtig |
| e) | richtig |
| f) | falsch |
| g) | falsch |
| h) | richtig |
| i) | falsch |
| j) | richtig |

38. gebundene Rotation: während einer Umdrehung des Mondes um die Erde dreht er sich selbst einmal um seine eigene Achse. Damit zeigt stets die selbe Seite in Richtung der Erde = Vorderseite des Mondes.  
  
39. Auf dem Mond gibt es auf Grund der geringen Gravitation keine Atmosphäre und damit fallen alle Körper nach den Gesetzen des freien Falls mit der gleichen Beschleunigung nach unten.  
  
40. Neil Armstrong  
  
41. siderische Umlaufzeit: 27,3 Tage, bezieht sich auf einen unendlich weit entfernten Stern, ist die Dauer für einen 360°-Umlauf des Mondes um die Erde  
synodische Umlaufzeit: 29,5 Tage, bezieht sich auf die Verbindungslinie Mond- Erde- Sonne, ist die Dauer zwischen zwei gleichen Mondphasen  
Der Unterschied ergibt sich aus der Bewegung der Erde um die Sonne.  
  
42. Auf Grund der geringen Masse besitzt der Mond keine Atmosphäre. Damit fehlt der schützende und wärmende Treibhauseffekt, der das Klima auf der Erde erst erträglich macht. Weiterhin dreht sich der Mond in etwa 4 Wochen einmal um sich selbst. Damit scheint 2 Wochen die Sonne und dann ist es zwei Wochen lang Nacht.  
  
43. Die Sonne wandelt ständig Wasserstoff in Helium um und setzt dabei Energie frei. In etwa 5 Mrd. Jahren ist die Wasserstoffkonzentration zu gering, um die Kernfusion weiter aufrecht zu erhalten => Ende von Sonne.  
  
44. 1. Beobachtung der Sonnenflecken 2. Dopplerverschiebung der Spektrallinien am Sonnenrand  
  
45. Spektralanalyse: Das Licht der Sonne wird durch ein Prisma oder Gitter in ein Spektrum zerlegt, das dunkle Linien, die Absorptionslinien, enthält. Diese Linien entstehen, wenn Licht durch ein Gas hindurchgeht. Dabei absorbieren die Gasatome eine für jedes Element typische Lichtwellenlänge, also Farbe. Die aufgenommene Energie wird nach einer kurzen Zeit wieder abgegeben, nur, dass Atom hat die Richtung vergessen, aus der das Lichtquant kam. So schickt es das neue Quant in eine beliebige Richtung. In die ursprüngliche Richtung des Lichtes fliegen nur noch eine geringe Anzahl von Photonen. Das bedeutet, dass der Beobachter von dieser Farbe sehr wenig sieht, also im Spektrum eine dunkle Linie.  
Aus der Lage der Linie im Spektrum lässt sich das Element ablesen, dass die Ursache für diese Verdunklung ist.  
  
46. Die Winkelgeschwindigkeit der Sonne ist an den Polen kleiner als am Äquator. Die Äquatorschichten überholen die Randgebiete.   
Das wäre auf der Erde ganz lustig: Afrika würde an Europa vorbeiziehen und später kommt Amerika vorbei. Damit verkürzen sich die Reisezeiten erheblich. Hätte aber auch jede Menge Nachteile. Der Bau eines Hauses wäre praktisch unmöglich.  
  
47. Solarkonstante: Die Energie, die ungehindert senkrecht auf einen Quadratmeter Erdoberfläche fällt. (1,36 kW)  
Diesen Wert benötigt man zur Berechnung der Leuchtkraft der Sonne.  
  
48. Newton: einfacher Aufbau, Hohlspiegel, Fangspiegel am oberen Ende des Ohres, seitlicher Einblick  
Cassegrain: durchbohrter Hohlspiegel, gewölbter Fangspiegel => kürzere Bauweise, Einblick hinten  
  
49. Vergrößerung = Brennweite Objektiv/Brennweite Okular = 52,5 fach  
  
50. Normalvergrößerung: Vergrößerung = Objektivdurchmesser / Okulardurchmesser.   
Der Okulardurchmesser ist so groß wie der Durchmesser der adaptierten Pupille = 6 mm.  
  
51. Hohe Auflösung erreicht man durch einen großen Objektivdurchmesser. Durch die Beugung des Lichtes an der kreisförmigen Eintrittsöffnung wird eine punktförmige Lichtquelle als Beugungsfigur abgebildet (zentrales Scheibchen mit konzentrischen Ringen abnehmender Helligkeit). Eng benachbarte Sternbildchen werden getrennt erkannt, wenn das Hauptmaximum des einen in das erste Beugungsminimum des anderen Sterns fällt. Damit ergibt sich die theoretische untere Grenze zu 140/D[mm]. Die praktische Auflösung wird durch die Richtungszintillation begrenzt.  
  
52. VLB: verly long baseline, Zwei oder mehrere Radioteleskope werden zusammengeschaltet und erzeugen ein Radioteleskop mit einem Durchmesser, der dem Abstand der Teleskope entspricht. Damit kann man auf der Erde ein Teleskop erzeugen, dass als Durchmesser den Erddurchmesser hat.  
  
53. Die Größe von Linsenfernrohren wird durch die Stabilität der Linsen begrenzt. Der max. Durchmesser von Linsen liegt bei etwa 1 m. Spiegel können von hinten stabilisiert werden.  
  
54. 100 mal soviel Licht.  
  
55. \* Speichervermögen der fotografischen Schicht. Bei längerer Belichtung sammelt die Schicht das Licht und stellt auch lichtschwache Objekte dar.  
\*Archivierung, einmal gemachte Aufnahmen können für spätere Auswertungen benutzt werden.  
  
56. a) Aufgang im Osten, Kulmination im Süden in halber Höhe zwischen Sommer- und Winterkulmination, Untergang im Westen  
b) Sonne bewegt sich auf kreisähnlicher Bahn auf dem Horizont entlang. Eigentlich Spirale nach unten, sie verschwindet immer mehr hinter dem Horizont  
c) Aufgang im Osten, Kulmination im Zenit, Untergang im Westen  
  
57. Beide haben Vor- und Nachteile:  
Horizontsystem: sehr anschaulich, Objekte lassen sich nach Horizontkoordinaten leicht auffinden, aber zeit- und ortsabhängig, deshalb nicht für den Austausch von Koordinaten geeignet.  
Äquatorsystem: Koordinaten zeit- und ortsunabhängig, zum Austausch von Koordinaten gut geeignet, aber nicht anschaulich, da sowohl der Äquator als auch der Frühlingspunkt am Himmel nicht sichtbar sind.  
  
58. Muss mit der drehbaren Sternkarte gelöst werden. Beispiel 27.2. Deklination -7°, Rektaszension 22h25min  
  
59. Stern: Albebaran im Stier  
z.B. 27.2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Uhrzeit | Höhe | Azimut |
| Aufgang | 10.30 | 0° | 240° |
| Kulmination | 18.15 | 57° | 0° |
| Untergang | 1.45 | 0° | 120° |

60. Sternbild: Steinbock  
Aufgangszeit 1. Tag: etwa 13.00  
Aufgangszeit 2. Tag: etwa 13.50  
Phase: zunehmender Mond  
  
61. a) Rektaszension : 16h29 min, Deklination : - 22°  
b) Aufgang: 7.25 Uhr, Untergang : 16 Uhr  
c) Kulminationshöhe : etwa 17°  
  
62. Ekliptik: scheinbare Bahn der Sonne vor den Sternbildern, auf Grund der Bewegung der Erde um die Sonne steht die Sonne im Laufe eines Jahres von der Erde aus gesehen vor verschiedenen Sternbildern (Tierkreissternbilder), diese sind dann natürlich nicht zu sehen  
  
63. Frühling : Löwe, Jungfrau  
Sommer: Schwan, Adler  
Herbst: Andromeda, Pegasus  
Winter: Orion, Stier  
Bedingung: Die Deklination muss größer sein als 90°-geographische Breite, Beispiel: Breite 52°, alle Sterne mit einer Deklination größer 42° sind Zirkumpolarsterne  
  
64. wahrer Sonnentag: Zeitspanne zwischen zwei unteren Kulminationen der wahren Sonne,  
verläuft nicht gleichmäßig  
Zeitgleichung: Abweichung zwischen wahrer und mittlerer Sonne  
<http://www.zum.de/Faecher/Materialien/gebhardt/astronomie/zeitglei.html>  
  
65. einer Stunde entsprechen 15°, einer halben Stunde demnach 7,5°  
Der Stern kulminiert eine Stunde früher, also in östlicher Richtung => Länge 20°08‘  
  
66. Sternzeit = Stundenwinkel des Frühlingpunktes = etwa 1:00 Uhr  
  
67. Unterschied kommt durch die Präzession: das tropische Jahr bezieht sich auf den Frühlingspunkt, das siderische Jahr auf einen Stern, durch die Präzession (Taumelbewegung der Erdachse) ist der Frühlingspunkt nicht fest  
  
68. differentielle Rotation: die Äquatorschichten der Sonne rotieren schneller als die polnahen Schichten, damit überholen die einen die anderen. Lustig: was wäre, wenn die Erde differentiell rotieren würde?  
  
69. 1. Solarkonstante = Leistung, die auf einen m² Erdoberfläche fällt, bestimmen  
2. Diesen Wert mit der Fläche einer Kugel multiplizieren, die als Radius eine Astronomische Einheit hat.  
  
70. Der Druck durch die Gravitation ist genau so groß wie der Strahlungsdruck von innen. Damit bleibt der Radius der Sonne weitgehend konstant.  
  
71. a) unregelmäßiges Aussehen, dunkler Mittelteil (Umbra), etwas helleres Randgebiet (Penumbra)  
b) mit Beginn eines neuen Zyklus entstehen die Flecken in großen Breiten (etwa 30°), mit zunehmenden Alter des Zyklus entstehen die Flecken immer weiter zum Äquator hin, ein neuer Zyklus beginnt, wenn der Wechsel von geringer zu großer Breite erfolgt.  
c) Polarlichter, Veränderung der Ionosphäre => Störungen des Funkverkehrs  
  
72. Bei schrägem Einblick in die Sonnenatmosphäre sieht man nicht so tief wie bei senkrechtem Einblick. Damit kommt das Licht am Sonnenrand aus höheren, kühleren Atmosphärenschichten und hat eine geringere Intensität.  
  
73. Die Atmosphärenschicht der Sonne, aus der wir das weitaus meiste Licht erhalten, heißt Photosphäre. Kurz unterhalb dieser Schicht, der optischen Beobachtung nicht zugänglich, beginnt die Konvektionszone. Sie erstreckt sich bis etwa 0,7 Sonnenradien nach innen. In ihr wird die im Kern erzeugte Energie durch Gasbewegung nach außen gebracht. Ihre Ausläufer sind in der Granulation sichtbar. Das sind helle (weil heiße), zellenartige Gebilde mit Ausdehnungen von etwa 1000 km. Dazwischen liegen dunklere (weil kühlere) Gebiete.  
  
74. Die Erde umkreist die Sonne auf einer festen Bahn. Sie wird durch ein Kräftegleichgewicht zwischen der Gravitationskraft der Sonne und der eigenen Fliehkraft auf dieser Bahn gehalten. Setzt man beide Kräfte gleich und stellt nach der Masse der Sonne um, erhält man M=4Pi²\*(r³/G\*T²).   
M: Masse der Sonne, r: mittlerer Abstand Erde-Sonne, G: Gravitationskonstante, T: siderische Umlaufzeit der Erde  
  
75. a) Bei der Kernfusion verschmelzen vier Wasserstoffkerne zu einem Heliumkern. Die Summe der Massen der Ausgangskerne ist etwas größer als die Masse des Heliumkernes. Die "verlorene " Masse wird in Energie umgewandelt. E = m\*c²  
 b) Der Kohlenstoff nimmt nacheinander die vier Wasserstoffkerne auf. Dabei wandelt er sich entsprechend um, unter anderem auch in einen Stickstoffkern. Am Ende des Vorganges gibt er einen Heliumkern ab und ist wieder im Ausgangszustand. Er hat praktisch die Funktion des Katalysators.  
c) Um die Kernfusion auszulösen sind eine große Temperatur und ein großer Druck notwendig. Diese Bedingungen herrschen nur im Zentrum der Sonne.  
  
76. Die Sonne ist in Schichten aufgebaut: Kern, Strahlungsgebiet, Konvektionsgebiet, Atmosphäre. Im Strahlungsgebiet ist die Dichte und der Druck so groß, dass die Energie in Form von Energie weitergeleitet wird. Dabei stoßen die Photonen immer wieder mit Plasmateilchen zusammen, übertragen Energie auf die freien Elektronen des Plasmas und werden anschließend in Form einer Bremsstrahlung in eine andere Richtung wieder ausgesandt. Dabei verlieren sie jedes Mal einen Bruchteil ihrer Energie. Einzig die grobe Richtung ihrer Bewegung ist vorgegeben.  
Erreicht die Energie die Konvektionszone, wird sie auf Grund der nun geringeren Werte von Druck und Dichte in Form von aufsteigenden heißen Gasmassen weitergeleitet.  
  
77. Die Aussage ist falsch. Mit Hilfe der Spektralanalyse kann man die chemische Zusammensetzung der Chromosphäre bestimmen. Über tiefere Schichten ist damit keine Aussage zu erreichen.  
In tieferen Schichten wird der Wasserstoffgehalt geringer und der Heliumgehalt größer sein.  
  
78.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Ausdehnung | Temperatur | Dichte | Helligkeit |
| Photosphäre | klein | klein | groß | groß |
| Chromosphäre | größer | größer | kleiner | kleiner |
| Korona | viel größer | viel größer | viel kleiner | viel kleiner |

|  |
| --- |
| 79. a) Kometen bewegen sich auf langgestreckten Ellipsenbahnen um die Sonne. |
|  |
| b) Gemeinsamkeiten: Planeten- und Kometenbahnen bewegen sich nach den Keplerschen Gesetzen um die Sonne.  Unterschiede: Kometenbahn ist eine langgestreckte Ellipse, Planetenbahnen sind fast kreisförmig.  c) Kommen sie in Sonnennähe, schmilzt der Kern auf und Gase entweichen. Um den Kometen bildet sich eine riesige Koma, die durch den Sonnenwind entgegen zur Sonnenrichtung in einen langen Schweif geformt wird.  d) Bei jedem Umlauf verdampft ein Teil des Wassers aus dem Kometen. Die Gesteinsteilchen bleiben auf der Bahn und sind jetzt die Meteoriten. Kreuzt die Erde eine solche Bahn, sieht man diese Meteoriten als Sterschnuppen. |

80. Aphel: Auf der elliptischen Bahn der Punkt größter Sonnenferne  
Perihel: Auf der elliptischen Bahn der Punkt geringster Sonnenferne  
  
81. a) Der Fahrstrahl Sonne - Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen. (Spezialfall des Flächen- oder Drehimpulssatzes)  
b) Ist auf der Nordhalbkugel Sommer, so ist der Abstand Sonne - Erde größer als im Winter. Nach dem 2. Keplerschen Gesetz bewegt sich die Erde damit im Sommer langsamer als im Winter. Eine Auszählung der Tage für die einzelnen Jahreszeiten bestätigt das: Der Sommer ist etwa 3 Tage länger als der Winter.   
  
82. Eine Berechnung zeigt, dass das 3. Keplersche Gesetz auch für die Jupitermonde gilt. Die Quotienten sind in etwa gleich.  
  
83. Tycho Brahe (dänischer Astronom, 1546 - 1601) beobachtete viele Jahre lang die Planetenbewegung (besonders den Mars) und hielt die Beobachtungsergebnisse fest (Rudolfinische Tafeln). An Hand dieser Tafeln entwickelte Kepler seine drei Gesetze der Planetenbewegung.  
  
84. T1 < T2  a1 < a2 v1 > v285. Beobachtet man einen äußeren Planeten (z.B. Mars) über einen langen Zeitraum vor dem Hintergrund der Sternbilder, so stellt man fest, dass der Planet von Nacht zu Nacht weiter nach Osten wandert. Diese Bewegung geht dann aber für einige Monate in eine entgegengesetzt gerichtete Bewegung über, um schließlich wieder in östliche Richtung zu gehen. Ursache ist der Überholvorgang der Erde am Planeten. Die Schleifenbewegung ist eine scheinbare Bewegung.   
  
86. Lösung mit dem 3. Keplerschen Gesetz. Als zweiten Körper benutzt man die Erde. Abstand: 2,7 AE. Damit bewegt er sich zwischen Mars und Jupiter.

  
  
87. Herleitung: Man setzt die Gravitationskraft gleich der Radialkraft und stellt nach der Geschwindigkeit um:



Die Masse m1 ist die des Raumschiffs und fällt weg. m2 ist die Mondmasse und r der Radius des Mondes. Man kann annehmen, dass die Höhe des Raumschiff über der Mondoberfläche gering ist im Vergleich zum Mondradius.

Aus dem Tafelwerk entnimmt man:



Setzt man das in die Gleichung ein, erhält man1680 m/s oder 1,68 km/s.

88. zweite kosmische Geschwindigkeit: er verlässt das Gravitationsfeld der Erde  
dritte kosmische Geschwindigkeit: er verlässt das Gravitationsfeld der Sonne = zweite kosmische Geschwindigkeit der Sonne.  
  
89. Dadurch erhalten die Raketen beim Start in Ostrichtung den Schwung der Erde mit.  
  
90. Die trigonometrische Entfernungsbestimmung nutzt man zur Bestimmung von Sternentfernungen, die nicht zu weit weg sind.   
Prinzip: Die Position des Sternes wird im Laufe eines Jahres vor dem Hintergrund der Sterne vermessen. Durch die Drehung der Erde um die Sonne kommt es zu Abweichungen in den Koordinaten, die um so größer sind, je kleiner die Entfernung des Sternes von der Erde ist.  
Diese umgekehrte Proportionalität nutzt man zur Berechnung der Entfernung Erde - Stern aus. Der Winkel, unter dem die Sternposition im Abstand eines halben Jahres zu sehen ist, heißt Parallaxe (Abweichung). Sie wird in Bogensekunden angegeben. Bildet man davon das Reziproke, erhält man direkt die Sternentfernung in Parsec (pc, Parallaxensecunden). Def.: Ist die Parallaxe 1" groß, so ist die Sternentfernung 1 pc. (1 pc etwa 3,1\*1013km oder 3,1 ly)  
  
91. Entfernung zum Stern r = 1/p

|  |  |
| --- | --- |
| Entfernung | 1,32 pc |

1 pc = 3,086\*1013 km

|  |  |
| --- | --- |
| Entfernung | 4,06\*1013 km |

mit v = s/t erhält man

|  |  |
| --- | --- |
| Reisezeit | 9,58\*1011 s |
| Reisezeit | 30 400 a |

92. m-M = 5\*log(r)-5

|  |  |
| --- | --- |
| Entfernung | 8,09 pc |
| Entfernung | 26,4 ly |

93. Alle Sterne müssen zu einem Sternhaufen gehören. Das heißt, sie haben alle die gleiche Flugrichtung und die gleiche Vorgeschichte.  
  
94. Differenz aus der scheinbaren Helligkeit im kurzwelligen und der scheinbaren Helligkeit im langwelligen Bereich. Der Farbindex ist ein Maß für die Oberflächentemperatur des Sternes.  
  
95.a) r = 1/p

|  |  |
| --- | --- |
| Entfernung | 2,67 pc |

m-M = 5\*log(r)-5

|  |  |
| --- | --- |
| abs. Helligkeit | 1,43m |

b) Die absolute Helligkeit gibt an, welche scheinbare Helligkeit ein Stern hätte, wenn er in einer Entfernung von 10 pc stehen würde. Sie ist ein Maß für die Leuchtkraft des Sternes.   
Die Sterne werden also in Gedanken alle in die gleiche Entfernung geschoben, um ihre Energieausstrahlung vergleichen zu können.  
c) Kennt man die absolute Helligkeit von nahen Sternen (Entfernung lässt sich trigonometrisch bestimmen), ist durch den Vergleich der Spektren eine Bestimmung der absoluten Helligkeit von weit entfernten Sternen möglich. Kennt man die absolute Helligkeit, ist über das Entfernungsmodul eine Entfernungsbestimmung möglich.  
  
96. Die Radialgeschwindigkeit lässt sich aus der Dopplerverschiebung von Spektrallinien im Spektrum der Sterne bestimmen. Rotverschiebung: der Stern bewegt sich weg, Blauverschiebung: der Stern nähert sich uns. Je größer die Verschiebung, umso größer ist die Geschwindigkeit.   
Damit lässt sich aber nur der radiale Anteil der Geschwindigkeit bestimmen.  
  
97. a) Die Eigenbewegung ist periodischen Schwankungen unterlegen. Die Ursache ist die gravitative Beeinflussung der Sterne untereinander.  
b) Die Entfernung Erde - Sirius = r = 2,67 pc (siehe Aufgabe 95)  
Ist x die gesuchte Entfernung, gilt tan(7,7") = x/r  
x = 9,97\*10-5pc = 3,076\*1012 m = 20,6 AE  
c) Es gilt das Keplergesetz M1 + M2 = a³/T²  
M erhält man in Sonnenmassen, wenn a in AE und T in Jahren eingegeben wird  
M1 + M2 = 3,5 Sonnenmassen  
  
98. a) Bedeckungveränderliche sind physische Doppelsterne, die sich von der Erde aus gesehen gegenseitig verdecken. Kennt man die Entfernung des Sternsystems und die Veränderungen der Helligkeiten in Abhängigkeit von der Zeit (Lichtkurve), kann man die Radien der Sterne bestimmen.  
b) Stern 1 ist größer und leuchtkräftiger als Stern 2.   
  
99.   
1) a, c, f   
2) b, d, e  
3) a, f  
4) b, e  
  
100. Die Hauptreihensterne erscheinen dunkler als in einer Entfernung von 10 pc. Damit ist die Entfernung der Sterne größer als 10 pc. Je größer der Abstand ist, umso größer ist die Entfernung. Dieses Verfahren ist nur bei Sternhaufen möglich, weil dort Sterne mit unterschiedlichen Zustandsgrößen vorhanden sind, die sich aber alle im HRD in einer Linie anordnen müssen.

101. a) Riese  
b) Hauptreihe  
c) T = 9600K, => L = 25 LS  , Hauptreihe  
d) L = 5000 LS, T = 29 000 K, Hauptreihe  
  
102. Entfernungsmodul m - M = 5 lgr - 5

|  |  |
| --- | --- |
| Entfernung | 152 pc |
| Entfernung | 500 ly |

103. Sterne sind in diesem Zustand nicht möglich oder sehr kurzlebig.  
  
104. gehören zu den Riesensternen, pulsierenden Sternen, alle Zustandsgrößen ändern sich periodisch  
Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Periode der Schwankung und der absoluten Helligkeit.  
Damit werden sie über die photometrische Entfernungsbestimmung zur Bestimmung von Entfernungen weit entfernter Sterne benutzt. (z.B. bestimmte Hubble damit die Entfernung zum Andromedanebel)  
  
105. von der Seite: wie ein Diskus, langgestreckte Scheibe, in der Mitte eine Verdickung, umgeben von einem Halo aus Kugelsternhaufen  
von oben: Verdickung (Zentrum), von dem Spiralarme abgehen  
  
106. Die Milchstraße enthält viel Staub, der das Licht weit entfernter Sterne absorbiert. Mit Hilfe der Radioastronomie ist das Zentrum der Milchstraße zu erkennen.  
  
107. Kugelförmige Ansammlung von Sternen. Die Sterne im Kugelsternhaufen sind sehr alt.  
  
108. Die Sterne des Haufens werden ins HRD eingetragen. Die Hauptreihe knickt im oberen Teil ab, weil die leuchtkräftigen, massereichen Sterne eher in den Riesenzustand übergehen. Je weiter unten dieser Knick ist, um so älter ist der Sternhaufen. Annahme: Alle Sterne des Haufens sind etwa zur gleichen Zeit entstanden.  
  
109. Rest einer Sternexplosion; Am Ende des Riesenstadiums explodiert der Stern in einer Nova oder Supernova. Die Sternhülle fliegt weg und ist als planetarischer Nebel zu sehen. In der Mitte des Nebels steht ein weißer Zwerg oder Neutronenstern.  
(Planetarischer Nebel: irrtümlicher Begriff, da das Objekt im Fernrohr als ein flächiges Objekt sichtbar ist, ähnlich wie ein Planet)  
  
110. War der Stern ein sehr massereicher, kann der Innendruck die Kontraktion nach dem Ende des Kernfusionsprozesses nicht mehr aufhalten. Die Gravitation presst den Stern so weit zusammen, dass die Fluchtgeschwindigkeit über der Lichtgeschwindigkeit liegt. Damit kann das Objekt auch kein Licht mehr aussenden und ist durch direkte Beobachtung nicht mehr zu sehen.  
Die Beobachtung ist indirekt durch Akkretionsscheiben und die dabei auftretende energiereiche Strahlung möglich.  
  
111. Die Spiralarme sind keine zusammenhaftenden Rotationsgebilde. Sie entstehen infolge von Dichtewellen, die aus dem Kern heraus nach außen laufen. Diese Dichtewellen regen das interstellare Gas zur Sternbildung an. Deshalb sind die Spiralarme mit jungen und leuchtkräftigen blauen Sternen besetzt. Zwischen den Spiralarmen befinden sich ältere und weniger leuchtkräftige Objekte, wodurch dem Beobachter lediglich eine Sternenleere vorgetäuscht wird.  
  
112. Entfernungen im extragalaktischen Raum lassen sich mit Cepheiden bestimmen. Man kann diese Veränderlichen in Galaxien als Einzelobjekte erkennen und deshalb anhand der Perioden-Leuchtkraft-Beziehung ihre Entfernung bestimmen. Diese Methode ist bis etwa 2 Mpc möglich.  
Aus der Untersuchung des HRD ist bekannt, dass die Sterne nur eine gewisse Maximalhelligkeit besitzen können. Man geht davon aus, dass die leuchtkräftigsten Sterne in der Milchstraße und in anderen Galaxien näherungsweise die gleiche absolute Helligkeit haben. Mit Hilfe des Entfernungsmoduls kann man die Entfernung bestimmen.  
Sehr weit entfernte Galaxien lassen sich über die Rotverschiebung der Spektrallinien vermessen. Je weiter eine Galaxie von uns entfernt ist, umso größer ist die Rotverschiebung. Es gilt das Hubble-Gesetz: v=H\*r.   
H ist die Hubble-Konstante.  
  
113. Die Kosmologie untersucht den Kosmos als Ganzes. Es werden die zeitlichen Veränderungen des Weltalls untersucht.  
  
114. isotrop: der Anblick des Kosmos ist in jeder Richtung der gleiche wie in jeder anderen Richtung  
homogen: ein relativ zu seiner Umgebung ruhender Beobachter hat den gleichen Anblick des Kosmos wie jeder andere zur gleichen Zeit an jedem beliebigen anderen Ort ruhender Beobachter. Das bedeutet, dass die Materie im Kosmos gleichmäßig verteilt ist.  
  
115. Die Spektrallinien in den Spektren der Galaxien wären nach dem blauen Ende verschoben.  
  
116. Das Friedmannschen Weltmodell berechnet eine kritische Dichte. Ist die Dichte im Weltall größer als diese Dichte, folgt daraus ein pulsierendes, geschlossenes Weltall. Ist die Dichte dagegen kleiner, ist das Weltall offen und einer ständigen Expansion unterworfen.  
  
117. Nach dem Olbersschen Paradoxon müssten in einem unendlichen Weltall, dass bereits unendlich lange existiert, unendlich viele Sterne zu sehen sein, die unendlich viel Licht auf die Erde werfen. Damit wäre es auch Nachts taghell. Da es nicht so ist, existiert das Universum offensichtlich nicht unendlich in Raum und Zeit und ist einer Veränderung unterlegen.  
  
118. Zeiteinteilung, Orientierung auf Reisen, Ausnutzung astr. Wissens durch die Herrschenden (z.B. Sonnenfinsternis)  
  
119. ägyptische Astronomie: Entwicklung des Kalenders  
babylonische Astronomie: Beobachtung von Bewegungen der Himmelskörper und die schriftliche Fixierung der Beobachtungsdaten.  
  
120. Die Hubble-Konstante ist der Proportionalitätsfaktor zwischen der Entfernung der Galaxien und deren Fluchtgeschwindigkeit. Die Größe dieser Konstanten hat sich im Laufe der Entwicklung mehrfach geändert, da sie durch Beobachtungen bestimmt werden muss und die Beobachtungen großen Fehlern unterworfen sind.

122.

|  |  |
| --- | --- |
| a) Opposition: Die beiden Planeten stehen sich genau gegenüber, haben also den kleinsten Abstand.  b) Wenn Neptun in Opposition zur Erde stand, beträgt der Abstand Neptun - Erde = 30,1 AE - 1 AE = 29,1 AE, nämlich der Abstand Sonne - Neptun minus dem Abstand Sonne- Erde. Das sind  Da das Funksignal mit Lichtgeschwindigkeit fliegt, also 300 000 km in einer Sekunde, benötigt es für diesen Weg:    Das sind 242 min oder rund 4 Stunden. |  |

c) Die Solarkonstante ist die Energie, die auf einen Quadratmeter Fläche in einer bestimmten Entfernung vn der Sonne auftrifft. Bei der Erde ist das 1,37 kW/m².   
Bei größerer Entfernung zur Sonne wird dieser Wert kleiner, und zwar umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung. Wenn sich die Entfernung also verdoppelt, wird der Energiewert und den Faktor 4 kleiner, verdreifacht sich die Entfernung, sinkt der Energiewert um den Faktor 9!  
Der Neptun ist etwa 30 mal so weit von der Sonne entfernt wie die Sonne. Damit kommt dort aber nur der 900ste Teil der Energie im Vergleich zur Erde an. Die Solarkonstante beträgt beim Neptun also



Das ist sehr wenig.

d)

Da der Triton den Neptun auf einer stabilen Bahn umkreist, herrscht ein Kräftegleichgewicht. Die Gravitationskraft, die der Neptun auf seinen Mond ausübt, ist genau so groß wie die Fliehkraft, die Triton durch die Bewegung um den Planeten spürt. Aus diesem Ansatz kann man die Masse des Mondes berechnen:



Die Geschwindigkeit von Triton ist nicht bekannt☹. Es sind aber aus der Beobachtung die Umlaufzeit und der Abstand bestimmt worden. Da die Bewegung gleichförmig ist, kann man schreiben:



Der Weg ist der Kreisumfang der Bahn und t ist die Umlaufzeit. Damit wird:



und in die Gleichung für die Masse eingesetzt:



Dieser Wert stimmt ungefähr mit den gängigen Tabellenwerten überein.

Die Dichte wird nach der bekannten Formel für die Dichte berechnet. Die Masse ist bekannt und das Volumen wird aus dem Durchmesser des Neptun berechnet:



Die Dichte des Neptuns ist größer als die Dichte von Wasser, obwohl er aus Gas besteht und eigentlich eine viel kleinere Dichte haben müsste.   
Durch die große Masse wird das Gas aber stark zusammengepresst und hat deshalb eine so große Dichte.

e)

|  |  |
| --- | --- |
| Der gesuchte Winkel lässt sich über eine Winkelbeziehung berechnen:    Der Mond erscheint dem „Neptunbewohner“ unter einem Winkel von 0,44°. Das ist etwas kleiner als uns der Erdmond erscheint, der eine Winkelausdehnung von etwa 0,5° hat. |  |

126.

Die Erde hat zur Sonne eine mittlere Entfernung von 1 AE. Damit kann Jupiter maximal 6,2 AE und minimal 4,2 AE von der Erde entfernt sein.

Opposition bedeutet, dass sich Jupiter und Erde direkt gegenüber stehen, der Abstand als minimal ist. Wenn man sich dass aufzeichnet, erkennt man, dass ein rechtwinkliges Dreieck entsteht: die Ankathete = Entfernung Erde-Jupiter, die Gegenkathete: der gesuchte Jupiterradius, der Winkel ist die Hälfte des gegeben scheinbaren Durchmessers. Damit kann der Radius über den Tangens berechnet werden: 71471 km und der Durchmesser dann 142942 km.

Da sich die Planeten gleichförmig bewegen, gilt v=s/t. Die Erde legt an einem Tag den 365ten Teil des Umfanges ihrer Bahn zurück. Das sind rund 2,6 Mill. km. Beim Jupiter muss zuerst die Geschwindigkeit berechnet werden. (Umfang durch Umlaufzeit). Das sind  etwa 13 km/s. Damit schafft er an einem Tag 1,1 Mill. km.

Damit ist zu erkennen, dass Jupiter etwa nur halb so schnell wie die Erde ist und mit der Erdgeschwindigkeit etwa nur 5 Jahre benötigen würde.

132.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | M |
| Lösung: | Es gilt die Gleichung für das Entfernungsmodul:   Die Entfernung r muss dabei in pc eingesetzt werden:  Damit wird: | | |
| Antwort: | Die scheinbare Helligkeit der Sonne beträgt 4,71m. Damit würde sie aus 10 pc Entfernung als sehr schwacher Stern am Himmel erscheinen. Die Sonne reiht sich damit in die Masse der Sterne ein, die so schwach sind, dass wir sie am Himmel nur ganz schwach oder gar nicht sehen. | | |

134. Das Schmetterlingsdiagramm stellt die Breite der Entstehungsorte der Sonnenflecken in Abhängigkeit von der Zeit dar.   
Ein Zyklus beginnt, wenn Sonnenflecken in hoher Breite entstehen. Im Laufe des Zyklus wandern die Entstehungsorte immer weiter in Richtung Äquator. Am Ende des Zyklus nach etwa 11 Jahren entstehen die Flecken sowohl in Äquatornähe als auch in großer Breite.   
  
135. Durch die fehlende Atmosphäre (= sehr niedriger Druck) und die großen Temperaturunterschiede verdampft vorhandenes Wasser sofort. Südpol: in einem Krater wurde gefrorenes Wasser gefunden. Ursache: ein Komet ist dort eingeschlagen. Da keine Sonne hin scheint, kann das Wasser nicht auftauen.  
  
136. Mondfinsternis auf der Erde = Mond steht im Kernschatten der Erde = auf dem Mond ist Sonnenfinsternis.  
Da die Erde eine Atmosphäre besitzt, erscheint die Erde vom Mond aus gesehen mit einem rötlich scheinenden Rand. (Brechung des Lichtes in der Atmosphäre, unterschiedliche Streuung der Farben des Sonnenlichtes).   
Deshalb erscheint bei einer Mondfinsternis der Mond nicht ganz dunkel, sondern in einem kupferroten Licht.  
  
137. Der Mond besitzt auf Grund seiner geringen Masse keine Atmosphäre. -> kein Treibhauseffekt. Am Tag fehlt die schützende Schicht vor der Sonnenstrahlung und in der Nacht die schützende Schicht, um die Wärme nicht hinaus zulassen.  
  
138. \* Großer Bär : Frühling  
\* Großer Hund : Winter  
\* Schwan: Sommer  
  
139. Schütze ist ein Sternbild des südlichen Sternenhimmels. Er steht in den Sommermonaten in geringer Höhe über dem Horizont. Da es im Sommer nie ganz dunkel wird (astronomische Dämmerung tritt nicht ein), ist der Schütze von uns aus nur sehr schwer zu sehen.  
  
140. a) Sternbild Fische  
b) Sonnenuntergang: 18.30 Uhr  
c) Sonnenaufgang: 5.30 Uhr, Richtung Ost, leicht nördlich  
d) Sternbild Stier ist gerade untergegangen und damit nicht mehr zu sehen  
Der Stier ist nach Sonnenuntergang in westlicher Richtung zu sehen, geht aber langsam unter.  
e) Stern: Arktur in Bootes, Höhe 58°  
f) schlecht sichtbar, da der Skorpion nur wenig über dem Horizont steht.

141. Spektrum Nummer 1 gehört zu einem heißen B-Stern, Spektrum 2 zu einem kühlen M-Stern. Je heißer ein Stern ist, umso mehr ist das Maximum im Spektrum zum blauen Bereich hin verschoben. Weiterhin hat ein heißer Stern weniger Linien im Spektrum.  
a) Die Linien entstehen, wenn Licht durch ein kühles Gas hindurchgeht. Bestimmte Farben des Lichtes (Wellenlängen) regen bestimmte Atome an, d.h., die Außenelektronen werden auf höhere Schalen gehoben. Beim herunterfallen senden die Atome diese Lichtfarbe wieder aus, nur auf Grund der Vergesslichkeit der Elektronen in eine beliebige Richtung. Deshalb bekommt ein Beobachter nur noch einen kleinen Teil der ursprünglichen Farbe zu sehen, der Teil des Spektrums erscheint dunkel.  
Aus den Linien lässt sich eine Aussage über die chemische Zusammensetzung machen. Weiterhin kann man Aussagen über Temperatur, Magnetfeld (Zeemann-Effekt), Rotation (Doppler-Effekt) usw. machen.

142. Trägt man die 100 hellsten  Sterne ein, sind das zum großen Teil Sterne im oberen Bereich der Hauptreihe oder im Riesenbereich. Die 100 nächsten Sterne füllen hauptsächlich den unteren Bereich der Hauptreihe.  
Erklärung: Die meisten Sterne im Weltraum sind relativ kühle Sterne, die im unteren Teil der Hauptreihe liegen. Sie leuchten so schwach, dass sie von der Erde aus mit bloßen Auge nicht zu sehen sind. Die Sterne, die wir sehen, sind leuchtkräftige Sterne, die eine hohe Temperatur oder einen großen Radius besitzen. Deshalb fallen sie am Himmel auf, obwohl sie relativ weit von der Erde entfernt sind.

143. Der Stern wird durch drei verschiede Farbfilter fotografiert. Von jedem Foto wird die Helligkeit bestimmt. Daraus berechnet sich der Farbindex, der ein Maß für die Temperatur ist.  
  
144. Das HRD hat zwei Achsen: Leuchtkraft und Temperatur. An Stelle der Leuchtkraft wird auch die absolute Helligkeit und an Stelle der Temperatur die Spektralklasse verwendet.  
Die Leuchtkraft = Strahlungsleistung des Sternes kann man berechnen, wenn die Entfernung (z.B. trigonometrisch) und die scheinbare Helligkeit bekannt sind. Über den Entfernungsmodul erhält man die absolute Helligkeit und daraus die Leuchtkraft.  
Kennt man die Entfernung nicht, kann man über Vergleiche der Spektren mit bekannten Sternen auf die Leuchtkraft schlußfolgern (Vergleich der Anzahl und Breite der Absorptionslinien)   
  
Die Temperatur wird z.B. mit Hilfe der Dreifarbenfotografie bestimmt (UBV-System, Farbindex).

145. Die potentielle Energie der Teilchen wird bei beim Zusammenziehen der Wolke in thermische Energie umgewandelt.  
  
146. Hauptreihenstern: Im Kern wird H zu He verschmolzen (Kernfusion). Um diesen Kern ist die Hülle des Sterns aus Wasserstoff.  
Riese: Schalenbrennen: Im Kern wird He zu C verschmolzen. Darum ist eine Schicht, in der H zu He umgewandelt wird. Der Rest des Sternes besteht aus Wasserstoff. Im weiteren Leben entstehen im Inneren immer neue Kerne, in denen die vorhandenen Elemente zu höherwertigen Elementen fusionieren (bis Eisen).  
  
147.   
a) M : Masse der Wolke  
k: Boltzmann-Konstante  
T: mittlere Temperatur der Wolke  
R: Radius der Wolke  
: Gravitationskonstante  
m: mittlere Masse eines Teilchens der Wolke  
  
b) Aus einer Gaswolke kann sich ein Stern bilden, wenn die Gesamtmasse größer ist als das Produkt auf der rechten Seite der Ungleichung. das heißt, wenn die Temperatur oder der Radius zu groß oder die Teilchen zu leicht sind, ist eine Sternbildung nicht möglich.

148. Sterne bilden sich aus langsam rotierenden Gaswolken (3. Keplersches Gesetz). Beim zusammenziehen wird nach dem Drehimpulserhaltungssatz die Rotationsgeschwindigkeit immer größer und damit auch die Fliehkraft auf die Teilchen. Diese Fliehkraft würde eine Sternentstehung verhindern. Der Drehimpuls muß also abgegeben werde und dazu sind Planeten oder ein zweiter Stern gut geeignet. In unserem Planetensystem enthält jedes Gramm Planetenmaterial deutlich mehr Drehimpuls als ein Gramm Sonnematerie, die Sonne hat ihren Drehimpuls (Schwung) an die Planeten abgegeben.  
  
149. δ-Cephei-Sterne sind Sterne, die sich im Übergang vom Hauptreihenstadium zum Riesenstadium befinden. In diesem Zustand sind sie instabil und ändern periodisch ihre Zustandsgrößen, u.a. auch die Leuchtkraft. Die Periodendauer hängt direkt von der absoluten Helligkeit ab und kann somit über den Entfernungsmodul zur Entfernungsbestimmung benutzt werden.  
  
150. Der Name Nova bedeutet Neu oder Neuer Stern. Es ist aber eigentlich das letzte Aufleuchten eines sterbenden Sterns. Meistens ist von der Erde aus an der Stelle einer Nova vorher nichts zu sehen gewesen, so dass irrtümlich der Begriff Nova geprägt wurde.  
  
151. Die Sterne eines Sternhaufens haben alle das gleiche Alter. Die Massenreiche Sterne entwickeln sich aber schneller und erreichen dadurch früher den Riesenast. Im HRD zeigt sich das in einem Abknicken der Hauptreihe. Je weiter unten dieser Knick liegt, umso älter ist der Sternhaufen.  
  
152. Der weiße Zwerg hatte die größere Masse. Damit hat er sich schneller entwickelt und bereits das Zwergendasein erreicht.

153.   
Reflexionsnebel = Staubnebel, der Licht von davor stehenden Sternen reflektiert  
Emissionsnebel = Gasnebel, der durch heiße Sterne zum Leuchten angeregt wird  
Dunkelwolke = Staub- und Gaswolke, die das Licht der dahinter stehenden Sterne absorbiert.

154. Spiralnebel: ähnlich unserer Galaxis, Sterne sind in mehr oder weniger ausgeprägten Spiralarmen um den Kern angeordnet.  
Elliptische Nebel: Es ist keine innere Struktur erkennbar, Sterne sind "auf einem Haufen"  
Irreguläre Systeme: völlig unregelmäßige Anordnung der Sterne (z.B. die beiden Magellanschen Wolken)  
  
155. Kugelsternhaufen liegen in einem Halo (Hof) um die Scheibe der Galaxis angeordnet, offene Sternhaufen dagegen in der Scheibe. Kugelsternhaufen sind kugelsymmetrisch mit hoher Konzentration zum Zentrum aufgebaut, die Zahl der Sterne liegt zwischen 105 und 108, offene Sternhaufen dagegen haben eine lockere, unregelmäßige Struktur und umfassen einige Hundert bis maximal 1000 Sterne.  
Kugelsternhaufen sind Ansammlungen sehr alter Sterne, offene Sternhaufen dagegen relativ junge Sterne.  
  
156. Aus den Rotverschiebungen der Spektrallinien in den Sternspektren kann man schlussfolgern, dass sich alle Galaxien von uns entfernen, dass das Weltall sich ausdehnt, expandiert. Man spricht von der Galaxienflucht.  
Der amerikanische Astronom Hubble hat folgenden Zusammenhang erkannt: Je weiter eine Galaxie von uns entfernt ist, desto schneller vergrößert sich ihr Anstand von uns. v = H \* r. v = Geschwindigkeit der Galaxie, r = Abstand der Galaxie, H = Hubblekonstante.  
  
157. Bei der Untersuchung der Sternspektren muss der Beobachter auf der Erde den Eindruck gewinnen, dass sich alle Galaxien von ihm als zentralen Punkt entfernen. Das ist ein falscher Eindruck, denn alle Galaxien entfernen sich voneinander so, dass jeder Beobachter n einem beliebigen Punkt des Weltalls denselben Eindruck haben muss.  
  
158. Das Urknall-Modell geht von der Annahme aus, dass unser Weltall vor etwa 20 Milliarden Jahren in einer gewaltigen Explosion entstand und seitdem expandiert. Als ein Beleg für die Urknall-Theorie sieht man die beobachtbare kosmische Hintergrundstrahlung (auch 3 K-Strahlung genannt), die aus allen Richtungen des Raumes sehr gleichmäßig mit dieser Temperatur einfällt. Sie wird als Reststrahlung der beim Urknall freigewordenen sehr heißen Strahlung aufgefasst.

159.   
1. Lichtverschmutzung des Himmels durch künstliche Beleuchtung. Abhilfe: Sternwarten werden weit ab von der Zivilisation errichtet.  
2. Bewölkung. Sternwarten werden an Stellen gebaut, die sehr pro Jahr wenig bewölkte Nächte haben.  
3. Seeing: Durch Temperaturunterschiede in der Luft kommt es zu einem ständigen Wechsel des Brechungsindex. Dir Folge ist ein Flackern der Sterne, auf den fotografischen Schichten wird der Stern als Scheibchen abgebildet. Abhilfe: Sternwarten werden an Stellen bebaut, wo das Seeing sehr gering ist.

-> Sternwarten stehen auf weit abgelegenen, hohen Bergen.  
  
160. Der Große Rote Fleck (GRF) ist ein riesiger Wirbelsturm in der Jupiteratmosphäre. Der GRF wird seit über 200 Jahren beobachtet.   
  
161. Die meisten Planetoiden bewegen sich auf einem Gürtel zwischen Mars und Jupiter. Schlussfolgerung: Sie sind entweder die Reste eines zerstörten Planeten oder die Reste eines nicht entstandenen Planeten.   
  
162. Da sich die meisten Asteroiden in einem Gürtel zwischen Mars und Jupiter bewegen, ist die Erde relativ sicher vor solch einem Einschlag. Trifft trotzdem ein Asteroid die Erde, wird seine kinetische Energie vollständig in Wärmeenergie umgewandelt, was zu einer gewaltigen Explosion führt. Durch die sehr hohe Geschwindigkeit des Asteroiden (einige km pro s) ist die zur Verfügung stehende Energie sehr hoch.  
  
163. Doppelsterne sind zwei Sterne, die sich gravitativ gebunden umeinander bewegen.  
Die Sterne bewegen sich auf Keplerbahnen umeinander. Die Parameter dieser Bahnen werden von den Massen der Sterne bestimmt. Kennt man diese Parameter (Umlaufzeit, große Halbachsen), kann man auf die Gesamtmasse des Systems schließen.  
Da bei Einzelsternen dieser Begleiter fehlt, also keine gravitative Wirkung nachweisbar ist, kann man deren Masse so nicht bestimmen.  
  
164. Aus der Entfernung und dem Winkel der großen Halbachse bestimmt man die große Halbachse zu 0,014 ly oder 941 AE. Damit kann man mit dem 3. Keplerschen Gesetz die Masse des Schwarzen Loches zu 3,7 Millionen Sonnenmassen berechnen.  
  
165. Richtig sind a und c.  
b) sind andere Galaxien, z.B. der Andromedanebel

d) ist der Tagbogen der Sonne

e) ist die Ekliptik  
  
166.   
Gemeinsamkeiten: Beide haben in etwa die gleiche Größe, gleiche Masse und gleiche mittlere Dichte.

Unterschiede: Die Venus ist näher an der Sonne. Sie dreht sich im Vergleich zur Erde viel langsamer um die eigene Achse. Auf der Venus ist ein deutlich größerer Druck, die Temperaturen liegen weit über den irdischen Temperaturen, es gibt kein Wasser. Die Atmosphäre besteht aus Kohlenstoffdioxyd und enthält Wolken aus Schwefelsäure.

167. Die Dichte ist etwas größer als die Dichte von Wasser und der der Sonne ähnlich. Das heißt, Uranus wird ein Gasplanet sein, der im Inneren einen festen Kern hat.   
  
168. Auf dem Mars sind noch alte Flusstäler zu erkennen. Besonders deutlich sieht man die stromlinienförmigen Inseln, die mit hoher Wahrscheinlichkeit durch fließendes Wasser erzeugt wurden.  
  
169. e) ist richtig, die Erde geht niemals unter.

Erklärung: Der Mond dreht sich in einem Monat einmal um die Erde. (Monat = Mondumlauf, nicht der Monat aus dem Kalender). Während dieser Zeit dreht er sich einmal um sich selbst = gebundene Rotation. Damit zeigt eine Seite immer zur Erde = Vorderseite und die andere Seite immer von der Erde weg = Rückseite. Ein Bewohner der Vorderseite sieht die Erde immer an der gleichen Stelle, es ändert sich nur die Beleuchtung (Vollerde, abnehmende Erde, Neuerde, zunehmende Erde). Ein Bewohner der Rückseite bekommt die Erde nie zu Gesicht, außer er reist auf die Vorderseite.

170. a) ist richtig

Um auf diese Frage zu antworten, muss vorher geklärt werden, warum die Sonne am Pol im Laufe eines Halbjahres ständig sichtbar ist und wie sich bewegt.

Die Bahnen der Erde und des Mondes liegen annähernd auf einer Ebene, die als Ekliptik bezeichnet wird. Diese Ebene ist unter einem bestimmten Winkel zur Ebene des Himmelsäquators geneigt, so dass sich die eine Hälfte der Ekliptik über dem Äquator (d.h. auf der nördlichen Himmelshalbkugel) und die andere unter dem Äquator befinden.

Am Pol fallen die Ebene des Himmelsäquators und des Horizontes zusammen.

Da die sich fast gleichmäßig auf der Ekliptik bewegende Sonne scheinbar eine volle Drehung um die Erde in einem Jahr vollführt, steht sie entsprechend ein Halbjahr über und ein Halbjahr unter dem Horizont.

Der Mond beschreibt in ungefähr einem Monat eine volle Umdrehung um die Erde in der gleichen Ebene. Der Mond scheint demzufolge am Polarhimmel einen halben Monat, um dann für einen halben Monat unter dem Horizont zu versinken.

Die Sonne ist am Pol zur Frühlingstagundnachtgleiche (infolge der atmosphärischen Refraktion genau um drei Tage früher) erstmalig sichtbar. Infolge der Tagesdrehung der Erde beschreibt die Sonne Kreise über dem Horizont. Wegen der Sonnenbewegung auf der Ekliptik steigt sie bis zur Sommersonnenwende immer höher. Infolgedessen beschreibt sie im Verlauf von drei Monaten am Himmel eine aufwärts gerichtete Spirale mit ungefähr 90 Windungen. Danach steigt sie auf der gleichen Spirale wieder ab und versinkt dann zur Herbsttagundnachtgleiche (genau um drei Tage später) unter dem Horizont.

Der Mond beschreibt eine ähnliche, nur steilere Spirale, da er ungefähr eine Woche steigt und in gleicher zeit wieder sinkt.

171. Zunächst gilt es festzustellen, wie viel Strahlungsenergie in den letzten 5 Mrd.Jahren von der

Sonne ausging. Dazu denkt man sich eine Kugelschale koaxial um die Sonne gelegt, wobei

der Kugelschalenradius der Entfernung Sonnenmittelpunkt-Erdmittelpunkt entspricht. Die

Oberfläche dieser Kugelhaut lässt sich bestimmen zu A = 4 \* 3,14 \* r \* r = 2,81 \* 10 23 m².

Die gesamte Strahlungsleistung der Sonne ergibt sich dann mit der bekannten

Solarkonstanten k zu P = A \* k = 3,82 \* 10 26 W (=Sonnenleuchtkraft in Watt). Die

Strahlungsenergie der letzten 5 Mrd. Jahre ist dann E = P \* t = 6,03 \* 10 43 Ws (das Jahr

zu 365 Tagen gerechnet).

Da die freigesetzte Energie bei einer Fusionsreaktion dem hierbei auftretenden

Massendefekt entspricht, lässt sich der gesamte Massenverlust über E = m \* c² (Einstein)

ermitteln: m = 6,70 \* 10 26 kg.

Nebenbei: der pro Sekunde auftretende Massenverlust ist damit 4,3 \* 10 9 kg/s !!

Addiert man nun den Massenverlust zur heutigen Masse (fast vernachlässigbar), so erhält

man die "Ursprungsmasse" vor 5 Mrd. Jahren: mges = 1,9907 \* 10 30 kg.

Endlich lässt sich der prozentuale Massenverlust bestimmen:

p = 0,034%

172.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: |  |
| Lösung: | Die Energie, die die Sonne abstrahlt, verteilt sich kugelförmig im Raum. Die Gesamtleistung auf dieser Kugel ist immer gleich, da nach dem Energieerhaltungssatz keine Energie verloren geht. Auf einer Kugel mit dem Radius des Abstandes Erde-Sonne beträgt die Leistung gerade 1,37 kW auf einem Quadratmeter Fläche. Auf einer Kugel mit dem Radius des Planetoiden ist die Energie genau so groß wie auf der Kugel der Erde, da sie aber deutlich mehr Fläche hat kommt auf einen Quadratmeter natürlich weniger Energie.  In welchem Verhältnis stehen die Flächen der beiden Kugeln?  Die Flächen verhalten sich wie die Abstände der Himmelskörper zum Quadrat. Damit verhalten sich die Leitungen je Quadratmeter umgekehrt wie die Quadrate der Abstände: | | |
| Antwort: | Auf einen Quadratmeter fällt nur noch eine Leistung von 0,182 W. Eine Taschenlampenglühlampe hat z.B. eine Leitung von 2 W. | | |

173.   
a)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | a in ly |
| Lösung: | Zur Berechnung des Abstandes zwischen den Sternen ist die Entfernung der beiden Sterne von der Erde aus zu berechnen. Die Differenz dieser beiden Entfernungen ist der gesucht Abstand.   Damit ergibt sich der Sternenabstand: | | |
| Antwort: | Die beiden Sterne sind etwa 24 ly voneinander entfernt. | | |

b)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | r in ly |
| Lösung: | Die Entfernung lässt sich mit dem Entfernungsmodul berechnen: | | |
| Antwort: | Der Stern ist 117,6 ly von der Erde entfernt. | | |

c) Die absolute Helligkeit ist die Helligkeit, die ein Stern hätte, wenn er in einer Entfernung von 10 pc stehen würde. Sie ist eine Möglichkeit, eine Aussage über die Leuchtkraft eines Sternes zu machen.

d) Eine Möglichkeit besteht darin, über die trigonometrische Entfernungsbestimmung die Entfernung zum Stern zu messen und dann mit der scheinbaren Helligkeit über das Entfernungsmodul die absolute Helligkeit zu erhalten.  
Wenn die Entfernung nicht bekannt ist, kann aus dem Spektrum des Sternes im Vergleich mit Spektren anderer Sterne, deren absolute Helligkeit bekannt ist, die absolute Helligkeit bestimmen.  
  
174. Die trigonometrische Entfernungsbestimmung ist die einzige Möglichkeit, mit einer direkten Messung die Entfernung zu einem Stern zu bestimmen. Leider hat auf Grund der Kleinheit der Winkel, die gemessen werden, einen begrenzten Radius. Alle anderen Entfernungsbestimmungsmethoden bauen auf den trigonometrisch bestimmten Entfernung auf. Sind diese fehlerhaft, werden auch alle anderen Entfernungen falsch bestimmt. Deshalb ist es wichtig, die unterste Stufe der Leiter der Entfernungsbestimmungsmethoden immer wieder neu und vor allem genauer zu vermessen.

175. Die Temperatur eines leuchtenden Körpers lässt sich aus der Farbe des ausgesendeten Lichtes bestimmen. Bei steigender Temperatur beginnt ein Körper im Infraroten zu strahlen. Bei einer weiteren Erhöhung der Temperatur verschiebt sich die Wellenlänge des Lichtes über den roten Bereich zum blauen Teil des Spektrums hin.   
Ein kühler Stern sendet rötliches Licht aus, ein heißer Stern bläuliches Licht.  
Das Problem besteht in der zahlenmäßigen Erfassung der Farbe. Dazu wird die Mehrfarbenfotografie eingesetzt: Der Stern wird durch drei verschiedene Farbfilter fotografiert und die Helligkeiten gemessen. Die Farbfilter haben z.B. die Farben Ultraviolett, Blau und Gelb. Ein blauer Stern hat durch das blaue Filter die größte Helligkeit, ein roter Stern der gleichen scheinbaren Helligkeit erscheint durch das gelbe Filter heller als durch das blaue Filter.   
Die Helligkeitsunterschiede werden durch den Farbindex ausgedrückt.  
  
176.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| geg.: |  | ges.: | r |
| Lösung: |  | | |
| Eine Bogensekunde ist der 3600ste Teil eines Grades,   Das 5-Cent-Stück hat einen Durchmesser von 21,25 mm. Damit kann man über eine Winkelbeziehung die gesuchte Entfernung berechnen: | | |
| Antwort: | Die Münze muss rund 4,4 km weit entfernt aufgestellt werden. Das ist sehr weit. Mit bloßem Auge ist sie in dieser Entfernung nicht mehr zu sehen und an ein Fernrohr sind hohe Anforderungen gestellt, um solch einen kleinen Winkel noch messen zu können. Aus diesem Grund wurde die erste Parallaxe auch erst 1837/38 von Bessel gemessen. | | |

177.  
Die "Furchen" im Spektrum zeugen von niedriger Lichtintensität bei bestimmten Wellenlängen, sie werden Frauenhofersche Linien genannt. Die in der Sonnenatmosphäre enthaltenen Stoffe absorbieren in der Chromosphäre das Licht aus der darunter liegenden Photosphäre. Aus der Kenntnis der von bestimmten Stoffen oder Elementen absorbierten Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums lässt sich auf das Vorhandensein dieser Elemente schließen, die Breite der Linien gibt Aufschluss über den Anteil an der Sonnenatmosphäre; je breiter sie ist, desto mehr eines bestimmten Elements ist enthalten.

178. Die Sternbilder sind die Sternbilder des Tierkreises. Durch die Präzession gibt es aber eine Verschiebung von etwa einem Sternbild gegenüber den üblichen Zuordnungen, die bei Horoskopen Verwendung finden. Und der Tierkreis besteht aus 13 Sternbildern, der Schlangenträger wird einfach unterschlagen.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Monat | Sternbild | sichtbar (bezieht sich auf 24 Uhr) | max. Höhe über dem Horizont |
| Januar | Schütze | Juli | 15° |
| Februar | Steinbock | August | 22° |
| März | Wassermann | September | 30° |
| April | Fische | Oktober | 50°-60° |
| Mai | Widder | November | 60° |
| Juni | Stier | Dezember | 55° |
| Juli | Zwillinge | Januar | 70° |
| August | Krebs | Februar | 60° |
| September | Löwe | März | 55° |
| Oktober | Jungfrau | April | 30°-40° |
| November | Waage | Mai | 30° |
| Dezember | Skorpion | Juni | 15° |

179.

Lösung: b) ist richtig

Falls a zutreffen wäre, müsste es also an Orten, an denen die Sonne sehr lange scheint, sehr warm sein. Am Nordpol scheint die Sonne zwischen März und September ununterbrochen (Polartag), das Eis taut aber nicht weg.

Der Grund für die veränderliche Sonnenscheindauer pro Tag (=Option a) ist durch Option b) (=Neigung der Erdachse) begründet. Und diese Schrägstellung der Erdachse gegenüber der Erdbahnachse (=23,5°) hat zur Folge, dass im Sommer die Nordhalbkugel, im Winter dagegen die Südhalbkugel der Sonne mehr zugewandt sind. Also Sommer auf der Nordhalbkugel (BRD), dann Winter auf der Südhalbkugel (Südafrika, Feuerland) und umgekehrt.

Bei der elliptischen Bewegung der Erde um die Sonne gibt es einen Minimalabstand (=Perihel) und einen Maximalabstand (=Aphel). Und das Groteske dabei ist, dass sich im Sommer die Erde im Aphel befindet, d.h. Option c) kommt aus sachlichen Gründen überhaupt nicht in Frage!!

180.

Der Mars ist die ganze Nacht am Himmel zu sehen. Da sein Abstand zur Erde sehr gering ist (Opposition am 24. Dezember), leuchtet er sehr hell.

Venus ist Morgenstern. Die Erde dreht sich in Richtung ihres Umlaufs um die Sonne. Damit erscheint die Venus vor der Sonne am Horizont.

181.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Mondphase | Aufgang | Kulmination | Untergang |
| Neumond | morgens | mittags | abends |
| zunehmender Mond | mittags | abends | nachts |
| Vollmond | abends | nachts | morgens |
| abnehmender Mond | nachts | morgens | mittags |

182. Die Bewegung des Mondes am Himmel hat zwei Ursachen: die Drehung der Erde und die wirkliche Bewegung des Mondes um die Erde.

Die Bewegung im Gesichtsfeld eines Fernrohres kommt hauptsächlich durch die Drehung der Erde zustande, so dass bei dieser Aufgabe die Eigenbewegung des Mondes vernachlässigt werden kann.

Die Erde dreht sich in 24 h einmal um sich selbst. Damit würde das zum Himmel gerichtete Fernrohr einen Winkel von 360° überstreichen. Da die Messung aber nur 113 Sekunden gedauert hat, ist der Winkel, den das Fernrohr überstreicht, entsprechend kleiner.

Es gilt:



Der Mond hat am Himmel einen scheinbaren Durchmesser von etwa 0,5°. Damit kann über die Entfernung

der wahre Durchmesser berechnet werden.



Das ist etwas kleiner als in der Literatur angegeben. Die Abweichung kann auf einen Messfehler bei der Zeitnahme zurückgeführt werden.

183.

b) Berlin, da der Mond mit steigender Höhe einen geringeren Abstand zum Beobachter bekommt.

[http://www.sternwarte-recklinghausen.de/files/mondgroesse.p](http://www.sternwarte-recklinghausen.de/files/mondgroesse.pdf)df

184.

a) Es wird die momentane Ausdehnung durch die Vergrößerung pro Jahr geteilt:



Der Ringnebel entstand vor etwa 11 000 Jahren durch die Explosion eines sterbenden Sternes.

b) Aus dem Alter des Nebels und der Geschwindigkeit kann unter der Annahme, dass die Ausdehnung gleichförmig erfolgt, die Größe berechnet werden. Da sich der Nebel mit der gemessenen Geschwindigkeit nach beiden Seiten ausdehnt, muss diese verdoppelt werden.



Der nächste Fixstern hat von der Erde eine Entfernung von etwa 4 Lj. Der Ringnebel hat eine Ausdehnung, die etwa ein Viertel dieser Strecke entspricht.

185.

Gemeinsamkeiten:

* Verbrennen einen Stoff und erzeugen dadurch einen Rückstoß
* Arbeiten sowohl auf der Erde als auch im Weltraum, da sie Brennstoff und Oxydationsmittel mitführen

Unterschiede

|  |  |
| --- | --- |
| Feststoffrakete | Flüssigkeitsrakete |
| * fester Brennstoff * einfach im Aufbau * bringt schnell einen hohen Schub * lässt sich nach dem Zünden nicht wieder ausschalten * besseres Verhältnis von Startmasse zur Leermasse | * flüssiger Brennstoff * viele störanfällige Teile (Pumpen, Ventile...) * teuer * lässt sich im Schub regeln |

186. a) a) Die Endgeschwindigkeit kann größer werden.

Eine Rakete funktioniert nach dem Impulserhaltungssatz. Wird etwas nach hinten weggeworfen (heiße Verbrennungsgase), spürt die Rakete nach der anderen Seite einen Schub (Kraft). Diese Kraft bewirkt immer eine Beschleunigung, also eine Geschwindigkeitserhöhung.

Dabei ist es egal, wie schnell die Rakete schon fliegt, da sich dieser Vorgang immer auf das System Rakete bezieht.

187.

Startmasse: Die gesamte Masse der Rakete auf der Startrampe

Leermasse: Die Masse der Rakete ohne den Treibstoff (Tanks, Steuerung, Triebwerk, Nutzmasse)

Nutzmasse. Das, was wirklich in den Weltraum kommen soll.

188.

a) Die Endgeschwindigkeit steckt in, der Differenz aus der Endgeschwindigkeit und der Anfangsgeschwindigkeit. Dieser Wert muss möglichst groß sein.

1. c ist die Ausströmgeschwindigkeit der Verbrennungsgase. Da diese Größe direkt in die Gleichung eingeht, bedeutet ein hohes c auch eine hohe Endgeschwindigkeit.

2. M0 ist die Startmasse der Rakete, M die Leermasse. Für eine hohe Endgeschwindigkeit muss der Quotient aus beiden möglichst groß sein. Das erreicht man mit einer kleinen Leermasse. Die Rakete muss also viel Treibstoff bei kleiner Leermasse enthalten.

Für die Konstruktion bedeutet dass, die Teile, die man für die lagerung und die Verbrennung des Treibstoffs benötigt, so leicht wie möglich zu machen.

b) Die Geschwindigkeit der Ausströmenden Gase geht direkt in die Gleichung ein. Vom Verhältnis der Massen wird der natürliche Logarithmus gebildet, was immer eine Verkleinerung der Zahl bedeutet.

Eine Verdopplung von c bringt also wirklich eine Verdopplung der Endgeschwindigkeit.

Eine Verdopplung von bringt nur eine Vergrößerung der Endgeschwindigkeit von ln 2. Das sind aber nur 0,7.

Eine Vergrößerung der Ausströmgeschwindigkeit ist also effektiver.

d) Die Ziolkowski-Gleichung wird nach dem Massenverhältnis umgestellt und dieses berechnet:



Das heißt, dass eine einstufige Rakete z.B. aus 23,5 kg Treibstoff und 1 kg Rest bestehen muss. Der Rest ist der gesamte Raketenmotor und die eigentliche Nutzlast.

Mit diesem Massenverhältnis ist aber eine Raketenkonstruktion technisch nicht möglich. Die Masse des notwendigen Treibstoffs ist im Verhältnis der Leermasse viel zu groß.

d) Eine Mehrstufenrakete besteht aus mehreren übereinandergesetzten Raketen. Ist eine Stufe ausgebrannt, wird sie abgetrennt. Damit muss die Leermasse dieser Stufe nicht weiter transportiert werden, die Rakete wird leichter.

Die erste Stufe transportiert also die restlichen Stufen und die Nutzlast bis in eine bestimmte Höhe auf eine Geschwindigkeit. dann löst sich der leere Stufenteil vom Rest und fällt zur Erde zurück. Die nächste Stufe zündet und bringt diesen Rest auf eine größere Höhe und Geschwindigkeit.

In der Praxis habe sich dreistufige Raketen bewährt.

189. Für die Orientierung der Lage der Rakete braucht man einen Bezugspunkt. Das ist aber bei einem Raumflug schwer zu realisieren.

Deshalb wird im Raumschiff ein Kreisel installiert, der kardanisch aufgehängt wird. Dieser Kreisel wird vor dem Start in Bewegung gesetzt und bleibt während des Fluges immer in Rotation (Elektromotor).

Ein frei aufgehängter rotierender Kreisel behält seine Lage im Raum bei, die Kreiselachse bewegt sich also nicht.

Wenn sich die Lage des Raumschiffs ändert (Drehung, Kurve fliegen...), bleibt der Kreisel stabil hängen. An der Lage des Kreisels im Raumschiff kann auf die Lage der Raumschiffachse im Raum geschlussfolgert werden.

190. M0 ist die Startmasse der Rakete, m die Leermasse. die Leermasse enthält alles, was nicht Treibstoff ist, also die eigentliche Nutzlast und die Teile des Raketenmotors. Das sind z.B. Tanks, Brennkammern, Pumpen, Ventile usw.

Bei einer Feststoffrakete fallen viele dieser Teile weg. Es gibt z.B. keine Pumpen. Aus diesem Grund ist der Aufbau einfacher und die Leermasse ist kleiner als bei einer Flüssigrakete.

191.

1. Fernsehsatellit: Geostadionäre Bahn, der Satellit muss für die Antenne immer am gleichen Ort am Himmel stehen, ansonsten müsste die Antenne nachgeführt werden.

2. bemannte Satelliten: relativ niedrige elliptische Bahnen, dadurch wird die Strahlenbelastung der Raumfahrer minimiert. In Höhen über 700 km befindet sich der Van-Allen-Gürtel, der aus energiereichen, geladenen Teilchen besteht.

3. Wettersatelliten: Sonnensynchrone Bahn, der Satellit überfliegt einen Ort auf der Erde immer zur selben Ortszeit. Dadurch lassen sich z.B. Aufnahmen mehrerer Tage besser vergleichen.

192.

|  |  |
| --- | --- |
| Eine Hohmannbahn ist die Verbindungsbahn zwischen zwei Planetenbahnen. Sie ist eine Ellipse, die beide Planetenbahnen tangential berührt.  Die großer Halbachse dieser Ellipse berechnet sich aus den beiden großen Halbachsen der Planetenbahnen: |  |

Mit dem 3. Kelperschen Gesetz lässt sich die Umlaufzeit für eine solche Bahn berechnen:



Auf einer solchen Bahn würde die Reise zum Mars



dauern.

Da die Sonde weniger brauchte, ist sie eine energetisch nicht so günstige Bahn geflogen. Dafür hat sie aber 45 Tage eingespart.

193. Die Umlaufzeit T des Satelliten kann z.B. mit Hilfe des dritten Keplerschen Gesetztes bestimmt werden.



Diese Gleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen Umlaufzeiten und großen Halbachsen zweier Körper, die sich im Gravitationsfeld eines dritten Körpers (Zentralkörper) bewegen.

Der Zentralkörper ist die Erde und die beiden Körper sind der Mond und der Satellit.

Da beide Bahnen kreisähnlich sind, kann als große Halbachse der Radius benutzt werden.

Vom Mond ist bekannt:



Die Umlaufzeit wird gleich in Sekunden umgerechnet:



Vom Raumschiff ist der Abstand zur Erdoberfläche bekannt. Den Radius erhält man durch Addition des Erdradius:



Mit diesen Größen kann nun die Umlaufzeit berechnet werden:



Die Umlaufzeit beträgt 24 Stunden. Der Satellit ist geostationär, befindet sich also immer über dem gleichen Punkt auf der Erde.

Die Bahngeschwindigkeit ist konstant, also gilt:



s ist der Umfang der Kreisbahn und T die Umlaufzeit:



Der Satellit fliegt mit rund 3 km/s.

194. a)

1 Kern

2 Strahlungszone

3 Konvektionszone

4 Fotosphähre

5 Sonnenfleck

6 Chromosphäre

7 Protuberanz

8 Korona

b) Gemeinsamkeit: durch beide wird die Energie der Sonne, die im Kern entsteht, nach außen transportiert.

Strahlungszone: fester Wasserstoff, Energie wird ganz langsam durch Strahlung übertragen

Konvektionszone: flüssig oder gasförmig, Energie wird schnell durch Konvektion übertragen.

195. c) am frühen Morgen

Der Mond ist auf dem Bild als abnehmender Mond zu sehen. Der ist aber in dieser Form nur am frühen Morgen zu sehen.

**196.**

|  |  |
| --- | --- |
| a) Hauptreihe  b) Riese  c) Hauptreihe  d) Riese  e) Zwerg |  |