

# Astroquiz November 2008

1.

Stjerner med masser omkring og over 20 solmasser slutter deres liv med en supernovaeksplosion.

Supernovaresten kolliderer til et sort hul uden mellemstadiet som neutronstjerne, idet massen for en sådan teoretisk neutronstjerne ikke kan overstige 3 solmasser = Tolman-Oppenheimer-Volkoff grænsen (TOV-limit).

Denne grænse er det maksimale neutronerne kan holde til. Over denne grænse kolliderer neutronstjernen til et sort hul.

Stjerner med masser over 8 solmasser og under 20 solmasser ender som neutronstjerner. De vil forblive i denne tilstand.

Sorte huller, der er resultatet af kollaps af massive stjerner over 20 solmasser, har en maksimal masse omkring 15 solmasser.

Der er yderligere 2 typer sorte huller: supermassive huller og primordiale sorte huller. Disse typer har andre dannelsesmekanismer.

Til disse sorte huller kan knyttes en størrelse som benævnes Schwarzschild-radius (opkaldt efter den tyske fysiker og astronom Karl Schwarzschild, 1873-1916).

Et himmellegeme, som er mindre end dets Schwarzschild-radius, kaldes et sort hul.

Overfladen af den kugle som denne radius danner, hedder begivenhedshorizonten.

Intet inden for denne radius kan slippe ud, fordi undvigelseshastigheden er større end lysets hastighed, og denne hastighed er den største af alle fysiske hastigheder.

Lys kan altså heller ikke undslippe. Derfor hedder det et sort hul.

Massen i det sorte hul befinder sig i singulariteten, som teoretisk er et punkt uden udstrækning. Derved bliver densiteten uendelig (dette er dog meget omdiskuteret).

Formlen for Schwarzschild-radius  $R$  hentes fra den generelle relativitetsteori:

$$R=2GM/c^2$$

Her er  $G$  gravitationskonstanten:  $6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

$M$  er massen af himmellegemet (stjerne, planet, måne eller andre objekter).

$c$  er lysets hastighed:  $2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

Denne formel kan også udledes af Newtons gravitationslov og er i øvrigt et specialtilfælde af den undvigelseshastighed  $v$  som gælder generelt for et objekt, som vil forlade et himmellegeme fra dets overflade.

Undvigelseshastigheden  $v$  for et himmellegeme med massen  $M$  og radius  $R$ :

$$v=\sqrt{2GM/R}; \quad \text{Her betyder sqrt: kvadratroden af.}$$

Undvigelseshastigheden for et objekt, der vil forlade Jorden, og som starter fra jordoverfladen er 11,4 km/s. Fra Solens overflade er undvigelseshastigheden: 617,5 km/s.

Det ses let, at Schwarzschild-radius  $R$  for himmelobjektet fås ved at udskifte  $V$  med  $c$ .

I 1783 fremsatte den engelske filosof John Michell, (1724-1793) i et brev til den engelske videnskabsmand Henry Cavendish, (1731-1810) den revolutionerende idé, at en meget stor stjerne kan forhindre lys i at undslippe på grund af, at undvigelseshastigheden fra stjernen er lig med eller større end lysets hastighed.

Formlen for undvigelseshastighed var nemlig allerede kendt, da John Michell levede.

John Michell idé var, at erstatte  $M$  i formlen med produktet  $V \cdot D$  og  $v$  med  $c$ .

Massen  $M$  er jo netop lig med volumenet  $V$  gange densiteten  $D$ .

Endvidere er volumenet  $V$  for en kugle lig med  $(4/3) \cdot \pi \cdot R^3$ .

$\pi$  (3,142) er som bekendt forholdet mellem cirkelens omkreds og diameter.

Efter nogen formelakrobatik får man radius for kæmpestjernen:

$$R = c \cdot \sqrt{3 / (8G \cdot \pi \cdot D)} \text{ eller } R = KD^{-1/2} \text{ hvor } K \text{ er en konstant} = c \cdot \sqrt{3 / (8G \cdot \pi)}$$

Michell antog nu, at gennemsnits-densiteten for sådan en stjerne var den samme som for vor Sol:  $1,408 \text{ g/cm}^3$  eller  $1408 \text{ kg/m}^3$  og regnede på radius for kæmpestjernen, og det er denne værdi quizløseren skal finde ved at bruge Michells formel.

Man skal lægge mærke til, hvor snublende tæt Michell er ved at definere det objekt, vi i vore dage kalder et sort hul.

Det objekt Michell skaber idéen til, kalder man en dark star.

En dark star er usynlig (så at sige stealth for at bruge et udtryk, der anvendes til betegnelse af vor tids "usynlige fly"), på trods af dens enorme størrelse.

Forskellen mellem en dark star eller et sort hul er singulariteten.

En dark star er stabil og kolliderer ikke til en singularitet.

Vor tids opfattelse af, hvordan en undvigelseshastighed kan komme op på lyshastighed er jo, at formindske stjernens radius tilstrækkeligt med bibeholdelse af dens oprindelige masse.

John Michells opfattelse af den sag er jo den stik modsatte: at udvide stjernens radius og tilføje tilstrækkeligt med masse i sådan en takt, at stjernens densitet forbliver som oprindelig.

Hans idé er fantastisk. Den gik dog hurtigt i glemmebogen. Først et par hundrede år efter i 1970 opdagede man hans brev til Cavendish.

Og så skulle den historie være slut, fordi så store stjerner med en densitet svarende til Solens findes ikke i virkeligheden.

Den største stjerne vi kender indtil nu er: VY Canis Majoris, som befinder sig 5000 lysår fra os. Dens radius er mellem 1800-2100 gange større end Solens radius, hvilket betyder, at dens overflade kunne nå planeten Saturns bane. Densiteten af denne kæmpestjerne er  $10^7$  gange mindre end Solens, hvilket betyder at dens indre nærmest kan betragtes som et glødende vakuum.

Men i 2007 blev der publiceret en artikel, hvoraf det fremgår, at dark stars på et tidspunkt omkring 100 millioner år efter Big Bang, kunne tænkes at være forløberne for de første galakser. Disse dark stars må have haft nogle fantastisk store dimensioner (et par lysår i diameter).

Så John Michells teori fremstår i dag som en meget fremsynet idé med meget store perspektiver.

Hvor mange gange er radius for en dark star (med Solens gennemsnits-densitet) større end Solens radius? Solens radius er:  $6,96 \cdot 10^8$  m

Brug John Michells formel ovenover. Alle oplysninger der skal bruges, kan findes i spørgsmålet ovenover.

Tallet i parentes angiver stjernens radius i AE (astronomiske enheder).

A: 86 gange (0,4 AE)

B: 486 gange (2,3 AE)

C: 986 gange (4,7 AE)

D: 1486 gange (8,3 AE)

2.

Den idé, at der kunne befinde sig en planet mellem banerne af Mars og Jupiter blev første gang fremsat som en hypotese i 1768 af den tyske astronom Johann Elert Bode, (1747-1826).

Denne betragtning baserede sig på den såkaldte Bodes lov (også kaldt Titius-Bodes lov), foreslået i 1766 af den tyske astronom Johann Daniel Titius, (1729-1796).

Denne lov, (som nu er forladt, fordi den ikke passer for planeten Neptun), giver som resultat, at planeterne i et banesystem (som Solsystemet) omkredser hovedstjernen i nogle ganske bestemte afstande fra denne.

Hvis der var en planet mellem Mars og Jupiter skulle dens halve storakse være på 2,8 AE.

1 AE: den gennemsnitlige afstand fra Solen til Jorden.

Da planeten Uranus blev opdaget i 1781 gav det yderligere tro på hypotesens rigtighed, idet dens halve storakse skulle være på 19,6 AE, og den faktiske halve storakse viste sig at være 19,2 AE.

Der blev nu stiftet et selskab: Vereinigte Astronomische Gesellschaft under ledelse af den ungarske astronom Franz Xaver von Zach (1754-1832).

Selskabet blev stiftet lørdag eftermiddag den 20. september 1800 i byen Lilienthal, Tyskland og kom til at bestå af 24 astronomer, heriblandt danskeren Thomas Bugge, (1740-1815), som var direktør for Rundetaarns Observatorium i årene 1777-1815.

Selskabet fik det folkelige navn: Himmelpolitiet (Die Himmelpolizei).

Dets eneste opgave var at opdage (arrestere) den planet, som man formodede befandt sig i rummet mellem banerne af Mars og Jupiter.

Og det gav hurtigt resultat:

Nytårsnat onsdag den 1. januar 1801 (altså direkte på tidspunktet for starten af det 19. århundrede) opdagede et af Himmelpolitiets medlemmer, den italienske astronom Giuseppe Piazzi (1746-1826), fra sit observatorium i Palermo, Italien en gul, svagtlysende stjerne i Taurus (Tyren), som han først antog, var en stjerne. Da han så den igen de næste aftener var det tydeligt, at den havde flyttet sig på himlen.

Han bestemte sig for, at det var en komet. Desværre forsvandt den for ham i den efterfølgende tid, da dens vinkelafstand til Solen efterhånden blev så lille, at den forsvandt i sollyset.

Han henvendte sig til den store tyske matematiker Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855), som beregnede dens bane og kunne anvise, hvor man skulle lede på himlen næste gang, der var mulighed for at se den.

Torsdag den 31. december 1801 blev den genopdaget.

Det viste sig at være et objekt, hvis halve storakse var 2,8 AE; altså netop den værdi, som Bodes lov angav.

Objektet var ikke en komet, men et objekt, som på den tid blev kaldt en lille planet.

Betegnelsen en asteroide (som betyder et stjernelignende objekt) kom et par år senere

Udtrykket asteroide har overlevet helt op til vor tid.

Piazzi navngav den "X Ferdinandea" efter en romersk gud (X) og Kong Ferdinand IV af Sicilien og Napoli (1759-1816). Den kom dog hurtigt til kun at hedde X.

Kort tid efter opdagelsen af X blev der yderligere opdaget 3 asteroider af Himmelpolitiet. Hvad hedder denne den allerførste opdagede asteroide, som vi ovenfor har kaldt X?

A: Vesta

B: Pallas

C: Ceres

D: Juno

3.

En rød dværg er en hovedseriestjerne med hydrogenfusion og uden efterfølgende heliumfusion.

Massen for sådanne stjerner ligger i intervallet: 0,08 M - 0,4 M, hvor M er Solens masse.

På grund af deres lave masser er temperaturen i deres midte relativ lav.

Deres overfladetemperatur er også lav. Typisk ligger den under 3500 K.

De røde dværge er derfor relativt lyssvage. Ingen fra denne gruppe stjerner kan ses med det blotte øje. Den mest lysstærke: Lacaille 8760 i Microscopium (Mikroskopet) har en tilsyneladende lysstyrke på 6,69.

Hydrogenfusionen sker ved P-P kæde-processen.

Energien fra denne fusion transporteres fra kernen og til overfladen ved hjælp af konvektion. Dette skyldes opaciteten i stjernens indre, som er relativ høj. Denne ugenomsigtighed betyder, at stjernen ikke kan anvende stråling, som energitransportform fra kernen og til overfladen.

Hvilket samtidigt betyder, at helium ikke samler sig i kernen, men bliver ført væk af konvektionen. Derved kommer der nyt frisk hydrogen til kernen, der kan fusionere osv.

På grund af de røde dværge lave masse gennemgår de heller ikke et heliumflash sent i deres levetid; hvilket også ville være fuldstændigt meningsløst. Der er jo ingen helium i kernen.

Alt i alt betyder det, at de røde dværge (som er i spektralklasse K eller M) har en utrolig lang levetid. De tungeste af dem har en levetid på 100 milliarder år; de letteste af dem et par billioner år (omkring 2000 milliarder år).

På grund af deres verdensmesterskab i lavt energiforbrug bliver de også de sidste lys i Universet (bortset fra det svage lys fra de hvide dværge).

Når de sidste røde dværge har slukket lyset, kommer der kun af og til nogle kortvarige lysglimt, når et sort hul eksploderer eller et par neutronstjerner kolliderer.

De røde dværge ender deres lange liv som hvide dværge og til sidst som sorte dværge, dvs. som slaggebunker uden lys, som driver rundt i Universet.

De er særdeles talstærkt repræsenteret i Galaksen og i Universet, da de er langt den hyppigste stjernetype.

Af de 30 stjerner, som er nærmest Solen er de 20 røde dværge.

Hvilken rød dværg befinder sig nærmest ved vores Solsystem? (Afstanden til den er 4,2 lysår).

A: UV Ceti

B: Wolf 359

C: Barnards stjerne

D: Proxima Centauri

4.

En hvid dværg er en lille stjerne, som består af degenereret stof.

Denne stjernetype er sidste udviklingstrin for hovedseriestjerner med masser i området:  $0,08 M - 8 M$ , hvor  $M$  står for Solens masse.

Det svarer til, at 97 % af alle stjerner vil ende som hvide dværge.

I Solens omegn er 6 % af alle stjerner hvide dværge.

Efter at hovedseriestjernen er svulmet op til en rød kæmpestjerne, smider den sit ydre lag, som kaldes en planetarisk tåge, og kolliderer til en hvid dværg.

Hvide dværge har masser mellem  $0,17 M - 1,4 M$ . De fleste har masser mellem  $0,5 M - 0,7 M$ . Da deres volumen er på størrelse med planeten Jordens eller mindre, besidder de en fabelagtig høj densitet. Den er typisk omkring  $1 \text{ ton/cm}^3$ .

Ingen hvid dværg har en masse større end  $1,46 M$ . Denne grænse kaldes Chandrasekhars grænsemasse. Ved denne værdi er stoffet relativistisk degenereret; dvs. har en meget høj densitet og er presset sammen til en plasma af elektroner og atomkerner, hvor elektronerne har relativistiske hastigheder (tæt ved lysets).

På grund af Paulis udelukkelsesprincip (kvantemekanisk begreb), som bestemmer, at ingen elektroner kan have samme 4 kvantetal (være i samme kvantetilstand) opstår der et elektron-degenereringstryk, som forhindrer et gravitationelt kollaps af stjernen.

Dette tryk adlyder ikke den ideale gasligning, hvor trykket afhænger proportionalt med temperaturen, idet elektronhastighederne ikke længere er givet ved Maxwells hastighedsfordeling.

Er elektronhastighederne ikke relativistiske, gælder, at trykket er uafhængigt af temperaturen, men afhænger af densiteten i  $5/3$  potens.

Ved relativistiske hastigheder er trykket stadig uafhængigt af temperaturen, men afhænger nu af densiteten i  $4/3$  potens.

Dette (degenerationen) har nogle utrolige konsekvenser: Hvis en hvid dværg får tilført masse vil dens radius mindskes, og derved stiger densiteten (navnlig i centrum af stjernen). Herved får elektronerne relativistiske hastigheder (hvilket også følger af Heisenbergs ubestemthedsrelation).

Til sidst vil en ikke-roterende hvid dværg med en middel molekylvægt pr. elektron=2 (hvilket er meget typisk for en hvid dværg) nå Chandrasekhars grænsemasse på 1,46 M. Hvide dværge med rotation eller middel molekylvægt pr. elektron forskellig fra 2, får en grænsemasse ikke så langt fra 1,46 M.

Over denne grænse (ved tilførsel af masse) kan elektron-degenereringstrykket ikke længere modstå gravitationskraften, og den hvide dværg kolliderer nu til en neutronstjerne eller et sort hul (afhængig af den hvide dværgs masse).

Men hvis den hvide dværg består af kulstof-oxygen (CO-type), sker en såkaldt runaway kernefusion, som resulterer i en supernovaeksplosion af type 1a; en af de kraftigste eksplosioner man kender. Der bliver intet tilbage efter supernovaeksplosionen.

Tilførsel af masse til en hvid dværg kan ske fra en nabostjerne (f.eks. hvis den hvide dværg og nabostjernen udgør et dobbeltstjernerpar). Afstanden mellem komponenterne må dog ikke være for stor, for så kan overførslen af masse ikke finde sted.

Hvide dværge har ingen fusion (kun ved den ovenfor nævnte runaway-fusion, når de får tilført masse). Den varme de besidder, er en såkaldt restvarme.

Overfladetemperaturen kan være op til 100000 K lige når den hvide dværg bliver dannet. Ved denne høje temperatur køler de hurtigt af. Når de kommer ned på omkring 10000 K vil afkølingen fra da af tage meget lang tid: Adskillige milliarder år. Til sidst ender de som en sort dværg.

På grund af deres ringe størrelse og lille luminositet er de relativt lyssvage.

Ingen fra denne gruppe stjerner kan ses med det blotte øje.

Den mest lysstærke og som også er den nærmeste hvide dværg vi kender, har en tilsyneladende lysstyrke på 8,30.

Hvilken hvid dværg befinder sig nærmest ved vores Solsystem? (Afstanden til den er 8,6 lysår).

A: Procyon B

B: Sirius B

C: Van Maanens stjerne

D: 40 Eridani B

5.

Jordens kerne er delt i en indre fast metalkerne med en radius på 1210 km og en ydre flydende metalkerne med en ringtykkelse på 2260 km.

Sammensætningen består hovedsagelig af jern (80 %) og nikkel.

Den ydre flydende metalkerne roterer en smule anderledes end resten af Jorden:

Den roterer næsten med samme hastighed; men ikke helt. Det er endnu ikke helt klart, hvad dette skyldes.

Konvektionsstrømme i ringen af flydende metal, som er elektrisk ledende, kombineret med Coriolis-effekten skaber Jordens magnetfelt.

Når flydende metal bevæger sig igennem et magnetfelt, skabes der elektriske strømme (kaldt induktionsstrømme). Disse strømme skaber i sig selv et andet magnetfelt, som forstærker det oprindelige felt.

Herved er skabt en dynamo, der vedligeholder sig selv.

Induktionsstrømmene har tendens til, at løbe nord/syd parallelt med polaksen.

Den indre faste metalkerne understøtter skabelsen af Jordens magnetfelt, idet metalkernen langsomt køler af og derved vokser i størrelse. Dette skaber yderligere turbulente konvektionsstrømme, som understøtter magnetfeltet.

Der er ikke tale om, at Jordens metalkerne er magnetisk. Dertil er temperaturen alt for høj. Intet sted i metalkernen er temperaturen mindre end 4400 K.

Jern besidder den egenskab, der benævnes ferromagnetisme.

Stoffer med denne egenskab har atomer hvor flere af elektronerne er uparrede. Et jernatom har 4 uparrede elektroner. Da alle elektroner (uanset om de er parrede eller uparrede) på grund af spinet er små dipoler (magneter), så vil der for hvert jernatom være 4 elektroner med hver sit lille dipolmoment, som ikke er udlignet af et modsat felt (som frembringes af elektroner med modsat spinretning).

Da disse uparrede elektroner af sig selv (altså uden et ydre magnetfelt) har tendens til at spinne i den samme retning skabes et samlet stort dipolmoment; dvs. stoffet bliver magnetisk.

Denne ferromagnetisme går tabt, når stoffets temperatur bliver større end dets Curie-punkt.

Hvad er jerns Curie-punkt?

A: 143 K

B: 443 K

C: 743 K

D: 1043 K

6.

Jorden bruger et år til et omløb om Solen.

Ved midnatstid ser vi således hele tiden nye stjerner, der kulminerer på meridianen i syd, idet Jordens omløbstid er omkring 4 minutter kortere end 24 timer. Dette betyder, at stjernerne kulminerer 4 minutter tidligere end aftenen før, og når der er gået et halvt år, kigger vi ved midnatstid i den modsatte retning af retningen for et halvt år siden osv.

Ved forårsjævndøgn er det stjernebilledet Virgo (Jomfruen), der kulminerer ved midnat. Stjernerne i Virgo har rektascensioner omkring 12 timer, hvilket betyder, at stjernetiden ved midnat omkring forårsjævndøgn er 12 timer.

Ved sommersolhverv er det stjernebilledet Lyra (Lyren), der kulminerer ved midnat. Stjernerne i Lyra har rektascensioner omkring 18 timer, hvilket betyder, at stjernetiden ved midnat omkring sommersolhverv er 18 timer.

Ved efterårsjævndøgn er det stjernebilledet Pegasus (Pegasus), der kulminerer ved midnat. Stjernerne i Pegasus har rektascensioner omkring 0 timer, hvilket betyder, at stjernetiden ved midnat omkring efterårsjævndøgn er 0 timer.

Hvilket stjernebillede kulminerer på meridianen i syd ved vintersolhverv ved midnat og har stjerner med rektascensioner omkring 6 timer?

- A: Aries (Vædderen)
- B: Orion (Orion)
- C: Gemini (Tvillingerne)
- D: Canis Minor (Lille Hund)

7.

95 % af alle kendte asteroider befinder sig i asteroidebæltet mellem planeterne Mars og Jupiter.

Asteroiderne må betragtes som resterne af Nebulaen, som var en stor cirkulær tæt gassky, der omgav den nydannede Sol, som på det tidspunkt var en stjerne af T-Tauri typen.

Nebulaen trak sig senere sammen og dannede mellemtrinnet: planetesimaler, som blev til de kendte planeter og asteroiderne (de sidste kan derved siges, at udgøre resterne af planetbyggematerialet).

Man skønner, at der mindst er 1 million asteroider større end 1 km i diameter og mange millioner, der er mindre.

Asteroiderne betegnes som de objekter, der er større end 10 meter i diameter og mindre end planetstørrelse (kometer udgøres af en helt anden gruppe objekter).

Den største asteroide Ceres, som for kort tid siden blev udnævnt til dværgplanet, er omkring 950 km i diameter.

Der er dog også relativt tomme områder i asteroidebæltet. Disse områder kaldes Kirkwood-huller (opkaldt efter den amerikanske astronom Daniel Kirkwood (1814-1895)). I disse områder har Jupiters tyngdekraft fjernet mange asteroider

Objekterne i asteroidebæltet kan opdeles i adskillige typer afhængig af deres sammensætning og deres baneforløb:

”Hovedbælte”-asteroiderne, som har baner mellem planeterne Mars og Jupiter.

”Trojanerne” kaldes de to samlinger asteroider, som ligger henholdsvis 60 grader foran og 60 grader bagved Jupiter i dens bane. Teknisk set, befinder disse to grupper sig i Jupiters Lagrangepunkt 4 og 5.

Nogle få asteroider ”Centaurerne” danner en særlig gruppe, der har nogle særdeles ejendommelige baner.

Langt de fleste asteroider har baner med lille ekscentricitet (dvs. med næsten cirkelformede baner). Nogle stykker har dog en noget større baneekscentricitet:

De benævnes ”NEA”s (Near Earth Asteroids). Dette kaldes den gruppe, hvis baner kommer tæt på Jordens bane eller ligefrem krydser den. Man kender i øjeblikket 5490 stykker af denne type. De er op til 32 km i diameter. Der er mellem 500-1000 stykker med en diameter over 1 kilometer.

NEA-gruppen består af 3 familier: ”Aten”-familien, ”Apollo”-familien og ”Amor”-familien.

De er jo helt klart særdeles farlige for livet på Jorden, hvis Jorden skulle kollideres med en af dem.



Hvilken af de 4 nævnte asteroider, der nu nævnes, er en NEA; dvs. en af de farlige asteroider, som Jorden kan risikere at kolliderer med?

- A: 624 Hektor
- B: 617 Patroclus
- C: 1566 Icarus
- D: 704 Interamnia

8.

I Principia udgivet i 1687 postulerede englænderen Isaac Newton (1642-1727) den generelle massetiltrækningslov: Mellem to legemer findes en tiltrækkende kraft, der er proportional med legemernes masser og omvendt proportional med afstanden mellem dem.

Matematisk udtrykkes kraften som  $F=GM(1) \cdot M(2)/R^2$ , hvor de to legemers masser er  $M(1)$  og  $M(2)$  og  $R$  er afstanden mellem dem.

Gravitationskonstanten  $G$  har størrelsen  $6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$ .

Dens størrelse er vanskelig at bestemme præcist. Hvor andre naturkonstanter er kendte med et betydeligt antal cifre, er kun de første tre cifre i  $G$  sikre.

Fjerde ciffer: 4 skal muligvis være 5.

Massetiltrækningsloven kan benyttes, ved beregninger af stjerners bevægelse i galakserne, af planeternes bevægelse i solsystemer, men også ved mere jordiske forhold kan den benyttes. Tyngdeaccelerationen:  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ , er således et udtryk for tyngdepåvirkningen mellem en genstand ved jordoverfladen og hele Jorden.

Hawaii-øgruppen i Stillehavet består af en ca. 10 km høj vulkansk bjergkæde, der står på havbunden ca. 6 km under havoverfladen.

Densiteten (massefylden) af det vulkanske materiale er ca. 3 gange større end af det omgivende havvand, hvilket bevirker en lille lokal forøgelse af tyngdeaccelerationens størrelse.

Med satellitmålinger kan man i dag bestemme havoverfladens højde med stor præcision.

Vil havoverfladen nær ved Hawaii i forhold til havoverfladen lidt længere væk:

- A: Bule lidt opad?
- B: Være i samme højde?
- C: Danne en lille lavning?
- D: Teoretisk set danne en lille lavning, der dog ikke er stor nok til at kunne måles?

9.

Limelight er navnet på en film fra 1952, som skildrer en aldrende komiker i sin sidste tid på teatret.

Komikeren spilles af den engelske stjerneskuespiller Charles Spencer Chaplin (1889-1977).

Denne film, der var en af Chaplins sidste film, er på en måde et billede af hans egen sidste tid som skuespiller.

Filmen har den danske titel: "Rampelys" og hentyder derved både til livet på scenen og scenebelysningen.

I de gode gamle dage blev skuespillerne på scenen belyst netop af limelight. Det blev anvendt første gang offentligt 1837 i Covent Garden Theatre i London og blev vidt udbredt i teatre og music halls verden over, navnlig i perioden 1860-1880. Det gik af brug i slutningen af det 19. århundrede på grund af opfindelsen af elektrisk lys, som er mere sikkert at arbejde med.

Men hvad er limelight?

Lime betyder kalk, og er identisk med calciumoxyd:  $\text{CaO}$ , der også kaldes brændt kalk. Lime udvindes af limestone=kalksten:  $\text{CaCO}_3$  ved at opvarme dette til omkring  $600\text{ }^\circ\text{C}$ . Herved fordampes  $\text{CO}_2$  og tilbage bliver lime= $\text{CaO}$ .

Når lime bliver opvarmet af en flamme af oxyhydrogen opstår et skarpt hvidt lys. Det er dette lys, der kaldes limelight, og det blev brugt til scenebelysning i midten 1800-tallet.

Oxyhydrogen (HHO gas eller hydroxy gas) er en blanding af gasserne oxygen (ilt) og hydrogen (brint) fortrinsvis i molforholdet 2:1; altså samme forhold som i vand. Gasserne tilføres fra hver sin beholder til en gasbrænder, hvis flamme rettes mod en lille cylinderformet stav af  $\text{CaO}$ .

Det skarpe hvide lys opstår som sagt, når  $\text{CaO}$  opvarmes kraftigt. Lys fra et objekt, der udsender lys på grund af dets temperatur kaldes incandescence (glødepærellys) og er et ganske almindeligt fænomen.

Nogle ganske få kemiske forbindelser: oxyderne af overgangsmetallerne og de sjældne jordarter og desuden calcium udsender, når de opvarmes til den temperatur, hvor de afgiver incandescence, desuden et ekstra lys med en kortere bølgelængde (maksimum-intensiteten for dette ekstra lys ligger i den blå ende af spektret) end man skulle forvente. Dette fænomen kaldes candoluminescence.

Candoluminescence opdeles i flere typer lys:

For oxyderne af overgangsmetallerne og de sjældne jordarter kaldes denne type lys for fluorescens.

I calciumoxyds tilfælde kaldes det limelight, som tilhører typen thermoluminescence. Calciumoxyd kan desuden også udvise flammeluminescence.

Limelight blev opdaget 1823 af den engelske kemiker Goldsworthy Gurney (1793-1875). I 1825 overværede den skotske ingeniør Thomas Drummond (1797-1840) en demonstration af limeligt-fænomenet udført af den engelske kemiker Michael Faraday (1791-1867) og besluttede at udvikle teknikken for brug af limelight. Limelight kaldes derfor undertiden også for Drummond-light til ære for ham.

Sammenfatning: Limelight kaldes det lys, der opstår, når en flamme af oxyhydrogen opvarmer en lille cylinderformet stav af lime. Lyset skyldes en kombination af incandescence og candoluminescence. Selv om det egentlig kun er den sidste effekt, der resulterer i limelight, benævnes den samlede kombination af de to typer lys for limelight.

Det blev brugt i midten af 1800-tallet i teatre og music halls til belysning af både scenen og scenekunstnerne. Det har ikke været helt ufarligt, at gå i teatret eller være scenekunstner i de gode gamle dage.

**Hvad er den højeste temperatur lime kan tåle, inden det smelter?**

- A: 472 °C**
- B: 1172 °C**
- C: 1872 °C**
- D: 2572 °C**

**10.**

**GPS-systemet (Global Positioning System) består af 24 satellitter, der i 6 baner, dvs. med 4 satellitter i hver bane kredser rundt om Jorden.**

**Banehældningen er 55 grader og banehøjden over jordoverfladen er 20200 km.**

**Banernes planer er lagt sådan, at en rotation på 60 grader om en akse gennem Nordpolen og Sydpolen fører det ene baneplan over i det næste.**

**Bortset fra områder nær polerne vil der med denne placering af satellitterne altid være mindst 6 satellitter over horisonten et bestemt sted.**

**På et bestemt sted på kloden vil den samme satellit derfor passere over stedet i samme bane flere gange hvert døgn.**

**Med et yderst avanceret måle- og datasystem er satellitternes øjeblikkelige position, og dermed deres indbyrdes position kendt med en høj præcision.**

**Kommercielle GPS-modtagere kan ved at bestemme tidsforskellene mellem signaler fra de forskellige satellitter bestemme modtagernes position med en ubestemthed på et par meter.**

**Og når systemet, der er styret af USA, i krisituationer som f.eks. i forbindelse med invasionen af Irak, kører med sin fulde ydeevne, kan præcisionen komme under en meter.**

**Hvad er den omtrentlige omløbstid for en GPS-satellit?**

- A: 4 timer**
- B: 6 timer**
- C: 8 timer**
- D: 12 timer**

**11.**

**Af stjernebillederne er dyrekredsens (Zodiaken) kendt fra, i hvert fald, babylonsk tid; dvs. omkring år 700 f.Kr.**

**Deres stjerner fremtræder i mere eller mindre, let forståelige konstellationer.**

**Og særlig dyrekredsens billeder har været gode til at markere årets gang, 12 i tal, og beliggende langs med ekliptika, som Solen, set fra Jorden, ser ud til at bevæge sig langs med i løbet af et år. Da Solsystemet er forholdsvis fladt, bevæger planeterne sig tæt ved og langs med ekliptika.**

**Men langt op i tiden er der opdaget og navngivet stjernebilleder.**

De enkelte stjerner i et stjernebillede benævnes med stjernebilledets latinske navn i genitiv og et græsk præfiks: alfa, beta, gamma, delta, epsilon osv., der samtidig ordner billedets stjerner efter faldende lysstyrke.

Dette system blev indført af den tyske astronom Johann Bayer (1572-1625).

Et voldsomt stigende antal observationer i moderne tid har dog nødvendiggjort indførelse af en mindre poetisk, men langt mere rummelig nomenklatur.

Crux er den latinske betegnelse for stjernebilledet Sydkorset. Det blev kortlagt, men ikke systematisk navngivet af den italienske søfarer Amerigo Vespucci (1454-1512) omkring år 1500.

De 5 hovedstjerner i Crux betegnes da også: Alfa Crucis (Acrux), Beta Crucis (Mimosa), Gamma Crucis (Gacrux), Delta Crucis (Decrux) og Epsilon Crucis (Juxta). Den sidste ligger dog ikke i selve korsarmene.

Hovedaksen gennem korset fastlægges af linjen gennem Gacrux og Acrux, af hvilke sidstnævnte, der i overensstemmelse med ovenstående, er stjernebilledets mest lysstærke stjerne, samtidig ligger nærmest himmelens sydpol.

Men om end Sydkorset har været anvendeligt til navigation, fordi det er markant synligt, og fordi hovedaksen tilnærmelsesvis peger mod himmelens sydpol, så angiver Crux ikke denne.

Stjernebilledet Oktanten (Octans), der er lyssvagt og ikke særlig nemt at skelne, omfatter en stjerne med betegnelsen Sigma Octantis, også kaldet Polaris Australis (Sydstjernen), der positionelt betegner stjernehimmelens sydpol.

Men den er med en tilsyneladende lysstyrke på 5,6 ikke nem at observere med det blotte øje.

Stjernebilledet Oktanten blev da også beskrevet temmelig sent i astronomiens historie, nærmere betegnet af den franske astronom Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762) i 1752. Lacaille navngav Oktanten til ære for navigationsinstrumentet af samme navn.

Hvem navngav 72 år tidligere et stjernebillede til ære for navigationsinstrumentet sekstanten, eller mere præcist, til minde om hans egen sekstant der gik tabt ved en frygtelig brand i 1679?

A: Giovanni Domenico Cassini, Italien, (1625-1712)

B: Jean-Felix Picard, Frankrig, (1620-1682)

C: Johannes Hevelius, Polen, (1611-1687)

D: Edmond Halley, England, (1656-1742)

12.

Jupiter er en af Jordens bedste venner!

Vi kan være meget, meget glade for Jupiter, som vi passende kan kalde for Solsystemets bodyguard!

Verdensrummet er et stærkt trafikeret sted og trafikken består af mange forskellige legemer. Nogle er faste, sammenhængende sten og klippestykker, andre er is eller løst sammenhængende ansamlinger af materiale, mere eller mindre kun holdt sammen af egen indre tyngdekraft.

Særlig Jupiter har bidraget til sikkerheden på Jorden ved, så at sige, at støvsuge Solsystemet for ubehagelige spøgelsestrafikanter, - ved at tiltrække og opluge dem!

Det fik vi et flot eksempel på i perioden 1992-1994!

Den franske astronom og matematiker Édouard Albert Roche (1820-1883) opstillede nogle ligninger til beregning af den skæbne, der venter verdensrummets trafikanter, hvis de uforvarende kommer i nærheden af hinanden.

En af disse ligninger angiver Rochegrænsen (i det følgende kaldt RG).

RG angiver den afstand fra en planet, inden for hvilken planetens tidevandskræfter påvirker et objekt så stærkt, at dette, hvis det kun hænger sammen ved sin egen indre tyngdekraft, bliver revet fra hinanden.

Inden for RG vil objektet tendere imod at danne ringe af diffust materiale omkring planeten. Uden for RG kan det holde sig samlet.

RG afhænger af planetens radius og densitet. Desuden af objektets densitet.

Hvis objektet har en højere indre trækstyrke (f.eks. en rumsonde), kan den passere RG uden at brydes.

I juli 1992 passerede en komet, der var indfanget i en bane omkring Jupiter, dennes RG, hvorved kometen blev revet i 21 stykker, af hvilke nogle blev beregnet til at være op imod 2 km på længste led.

De enkelte dele fortsatte i en dødsspiral, der afsluttedes 2 år senere, i dagene 16.-22. juli 1994, hvor de styrtede ned på Jupiters sydlige halvkugle, efterladende store ar.

Hvad hed den kvindelige astronom, der var med til at opdage den pågældende komet, og som altså bærer en del af æren for at vi, i 1994, kunne følge Jupiters rolle som bodyguard, - live?

- A: Carolyn Jean Spellmann Shoemaker, USA, (f. 1929)
- B: Vera Rubin, USA, (f. 1928)
- C: Sandra Moore Faber, USA, (f. 1944)
- D: Jill Cornell Tarter, USA, (f. 1944)

13.

Rusland er klart verdens største land arealmæssigt set.

Hvilket af 4 følgende lande er så verdens næststørste land arealmæssigt set?

- A: Canada
- B: USA
- C: Kina
- D: Brasilien

## Løsninger til spørgsmål:

1. B
2. C
3. D
4. B
5. D
6. B
7. C
8. A
9. D
10. D
11. C
12. A
13. A