

# Oplæg til skoleopgaver i natur/teknologi og fysik

## Tiltænkt 7.-10. klasses niveau

Vi har nedenfor samlet en række astronomiaktiviteter for skoler, især praktiske foretagender har der været mangel på i forbindelse med emnet i fagene natur/teknik og i fysik.

Ideerne skal opfattes som skitser, som den enkelte lærer kan arbejde videre på, det endelige produkt vil afhænge meget af de lokale forhold og elevgruppen.

I forbindelse med opgaverne, for den ældste gruppe, er tænkt på en fælles gennemgang efter et kursus i potensregning. Indenfor astronomi viser tier-potenser sin sande styrke, fordi astronomiske størrelser reelt ikke kan fattes inden for en almindelig begrebsverden.

Opgaverne skulle kunne løses ved hjælp af almindelige regneregler og har et lidt mere interessant indhold end hvad der ellers findes på markedet, håber vi.

### Opgaver til 7. klasser:

#### Lys:

Lyshastigheden er 300.000 km/sek, et lysår er den vejstrækning lyset tilbagelægger på 1 år.

Vis at et lysår er  $9,46 \cdot 10^{15}$  m. Beregn afstanden til Månen i lyssek., til Solen i lysmin. og til Pluto i lystimer.

#### Liv:

Jorden er indtil videre det eneste sted der er fundet liv.

Diskuter hvad liv er. (energiforbrug, evne til at bevæge sig, formering, DNA osv.)

Hvad med bakterier og virus?

Hvilke forhold mon udelukker eksistensen af liv.

Kan liv opstå af sig selv?

#### Massefylde:

Solen har en masse på  $1,989 \cdot 10^{30}$  kg og radius på  $0,696 \cdot 10^6$  km, find dens middelmassefylde i g/cm<sup>3</sup>.

En hvid dværgstjerne har samme masse som solen, men har en radius på 7000 km, find dens massefylde i g/cm<sup>3</sup>.

En neutronstjerne med Solens masse har radius på 15 km, find dens massefylde i g/cm<sup>3</sup>.

Kan Solen ende som hvid dværg? Som neutronstjerne?

**Vejr:**

Vejrforholdene på Jorden er meget afhængige af verdenshavene, find ud af hvilken betydning de har.

På Mars er intet flydende vand, hvordan tror du det indvirker på temperaturforskellene, kan du forklare de meget kraftige storme der findes på Mars?

Forsøg med varmfylde for vand og sten.

**Rumsondebaner:**

Når man sender en satellit til f.eks. Saturn, lader man den flyve i en Hohmann-bane, det er en halv ellipse med Solen i det ene brændpunkt, der har Jorden i det punkt der er nærmest Solen og Saturn i punktet fjernest Solen.

Omløbstiden for et legeme i solsystemet er bestemt ved Keplers 3. lov:

$$T^2/a^3 = \text{konstant}$$

Når omløbstiden  $T$  måles i år og ellipsens halve længde (storakse)  $a$  måles i AU (=149,6 mill. km).

Rejsetiden for satellitten er selvfølgelig det halve af hele omløbstiden, find den.

Afstand Sol-Jord=1 AU; Sol-Saturn=9,5 AU.

Man kan godt flyve til Saturn på en tid der er kortere end den du har fundet, men det kræver meget mere energi. Det lykkedes dog med Voyager 2, find ud af hvordan.

**Kometer:**

Man har optegnelser der viser at Halleys komet blev set i 239 f.Kr., dens omløbstid er ca. 76 år, hvor mange omløb har den foretaget siden 239 f.Kr.?

Find ud af hvad en komet er og hvad der sker med den når den er nær Solen. Find ud af hvad det vil sige at frysetørre noget, forsøg. Var kometen større eller mindre tidligere?

**Kommunikation:**

Når man sender radiosignaler ud til sonder i verdensrummet, tager det tid for signalet at nå dem, radiobølger bevæger sig med lyshastighed (300.000 km/sek). Signaltiden afhænger selvfølgelig af Jordens og sondens stilling til hinanden i solsystemet.

Beregn den korteste og den længste signaltid i minutter for signaler mellem Jorden og de andre planeter i minutter. For nemheds skyld så regn med at planeterne bevæger sig i cirkelbaner.

$$1 \text{ AU} = 149,6 \text{ mill. km.}$$

Gør rede for at resultaterne kan kaldes afstandene til planeterne målt i lysminutter.

Planeter	Afstand i AU
Merkur-Sol	0,39
Venus-Sol	0,72
Jord-Sol	1
Mars-Sol	1,52
Jupiter-Sol	5,2
Saturn-Sol	9,54
Uranus-Sol	19,18
Neptun-Sol	30,06
Pluto-Sol	39,44

## Opgaver til 8. klasser:

### Mælkevejen:

Mælkevejen har en skive med diam. på ca. 100.000 lysår, den største tykkelse er 3000 lysår og Solen er ca. 30.000 lysår fra centrum. Solens nærmeste nabostjerne er Proxima Centauri, den er 4,22 lysår fra Solen. Mælkevejen har to satellit-galakser, Store og Lille Magellianske sky, de er "tæt" på hinanden i en afstand af 170.000 og 200.000 lysår fra Mælkevejens centrum, i næsten den modsatte retning i forhold til Mælkevejen finder vi Andromedagalaksen i to mill. lysårs afstand.

Find de ovenstående objekter på et stjernekort.

Tegn en skitse af det ovenstående kosmiske landskab.

Hvor meget større er afstanden til Andromedagalaksen i forhold til Mælkevejens diameter.

Hvor meget større er afstanden mellem Solen og Proxima Centauri i forhold til Solens diameter.

Vurder om tætheden af stjerner i en galakse er større eller mindre end tætheden af galakser i Universet.

1 lysår =  $9,46 \cdot 10^{12}$  km; Soldiam. =  $1,392 \cdot 10^6$  km.

### Andromedagalaksen:

Andromedagalaksens diameter ses under en vinkel på 3 grader, hvis vi går ud fra at den er nogenlunde lige så stor som vores Mælkevej (diam. 100.000 lysår), hvor langt er der så til den?

### Mælkevejens rotation:

Mælkevejen er ca. 10 mia. år gammel, Solen bevæger sig rundt om dens centrum i en afstand af 30.000 lysår og med en fart af 250 km/sek, hvor lang tid tager et omløb? (det kaldes et kosmisk år). Hvor mange kosmiske år er gået siden Mælkevejen blev dannet.

**Kuglehobe:**

En typisk kuglehob er 150 lysår i diameter og indeholder 100.000 stjerner, find antallet af stjerner/kubiklysår. Hvis vi regner med at stjernerne er jævnt fordelt, hvor langt er der så mellem dem?

Hvor langt er der til Solens nærmeste nabo?

Find på et stjerne kort kuglehoben M-13.

**Keplers 3. lov:**

Solens inderste planeter Merkur og Venus ses fra Jorden aldrig langt fra Solen, vinklen mellem planeten og Solen, som er let at måle, kaldes planetens elongation. Når elongationen er størst må vores synsline netop tangere planetens bane, og dermed bliver vinklen Jord-planet-Sol 90 grader.

I det følgende vil vi regne med at Merkur og Venus bevæger sig i cirkler om Solen.

Den største elongation, i gennemsnit (banerne er lidt eliptiske), for Merkur og Venus er henholdsvis 23 grader og 46 grader, tegn det indre Solsystem så vinklen mellem Jorden-Solen og tangenten fra Jorden til planetbanen netop bliver så stor (vælg radius i jordbanen til 10 cm, det kommer derved til at svare til 1 AU, måleenheden i solsystemet).

Mål radius for Merkur- og Venusbanen i cm. Find radius i Astronomiske enheder AU ved at dividere din måling med 10, kald radius i banen a.

Merkur og Venus er henholdsvis 0,24 og 0,61 år om at komme en gang rundt om Solen, det er også nemt at måle fra Jorden, kald tidsrummet T.

Udregn hvad

$T^2/r^3$

er for Merkur, Venus og for Jorden. Denne regel kaldes Keplers 3. lov.

Find ved hjælp af denne lov de øvrige planeters afstand til Solen i AU.

Omløbstider for planeterne i år.

Planet	Omløbstid om Solen i år
Mars	1,88
Jupiter	11,9
Saturn	29,5
Uranus	84
Neptun	165
Pluto	248

**Mars:**

Tegn banerne for Jorden og Mars i det korrekte størrelsesforhold, husk at banerne er lidt ellipseformede. Du kan lade 1 AU svare til 10 cm.

Beregn den største og den mindste afstand Jorden og Mars kan have.

Lysintensiteten aftager med kvadratet på afstanden, dvs. er Mars dobbelt så langt fra Jorden vil den lyse fire gange svagere. Hvor mange gange svagere er Marslyset når den er længst væk sammenlignet med når den er tættest på?

Største afstand Jord-Sol 1,02 AU; mindste afstand 0,98 AU.

Største afstand Mars-Sol 1,67 AU; mindste afstand 1,38 AU.

**Saturn:**

Saturn er omgivet af et ringsystem, dets diameter er 400.000 km og dets tykkelse anses for at være 1 km. Beregn forholdet mellem de to tal Beregn på samme måde det tilsvarende forhold for en LP-plade og for et stykke A-4 papir.

**Kikkerten:**

Øjet har en pupil der, for voksne, maximalt har en diameter på 5 mm, en 7×50 naturkikkert forstørrer 7 x og samler al det lys der rammer det 50 mm store objektiv i øjet. Beregn hvor meget mere lys kikkerten samler sammenlignet med øjet. Lysstyrken fra en stjerne falder med kvadratet på afstanden, når man nu kan se svagere lys kan man se længere væk, eks. hvis man kan se 4x svagere lys kan den samme stjerne være dobbelt så langt væk ( $2^2=4$ ) og stadig kunne ses.

Hvor meget mere af rummet, og dermed antal stjerner, kan ses med en 7×50'er?

( $V_{kugle} = 4 * \pi * R^3 / 3$ ).

Beregn hvor meget mere lys en 16 cm kikkert samler sammenlignet med øjet (5 mm pupil).

Beregn hvor meget mere lys en 5 m kikkert samler sammenlignet med en 16 cm kikkert.

## Opgaver til 9. klasser

### Afstanden til stjernerne:

Afstanden til nære stjerner kan bestemmes ved parallaksemetoden, find ud af hvad metoden går ud på.

Afstansformlen lyder  $r = 206265 \text{ AU} \cdot 1/v''$  (her er 1 AU afstanden fra Jorden til Solen (149,6 mill. km) og  $v''$  er den årlige parallakse i buesekunder,  $1^\circ = 3600''$ ). Ofte måles afstande i parsec (1 parsec = 206265 AU), vis at 1 parsec = 3,26 lysår.

Find afstanden (i AU, parsec og lysår) til vor nærmeste nabostjerne, den har parallaksen  $0,75''$ .

Astronomen Bessel var den første som målte afstanden til en stjerne, han målte i 1838 at stjernen 61 Cygni har en parallakse på  $0,584''$ , find afstanden til den.

Med moderne jordbaseret udstyr kan måles parallakser ned til  $0,04''$ , hvor store afstande kan måles med metoden.

Prøv at finde andre afstandsmålemetoder som astronomer bruger.

### Rødforskydningen:

Universet udvider sig, det betyder at lysbølger udsendt for længe siden er blevet "strukket ud", har fået længere bølgelængde, når vi i dag modtager det. Lyset er forskudt mod rødt, rødforskydningen udtrykkes med tallet  $z = ((\text{bølgel. ved modtagelsen})/(\text{bølgel. ved afsendelsen}))-1$ .

Afstanden til meget fjerne objekter kan findes ved hjælp af Hubbels lov:  $\text{afstand} = z \cdot aH$ ;  $aH$  kaldes Hubbellængden og den moderne værdi for den er 20 mia. lysår. Find afstandene til nednævnte objekter.

Navn: Abel 119, rødforskydning 0,045.

Navn: Abel 370, rødforskydning 0,37.

Navn: PKS0116, rødforskydning 0,59.

De mærkelige navne dækker over i hvilket katalog objekterne er optaget.

### Radioteleskoper:

Arecibo radioteleskopet har en diameter på 305 meter. Et teleskops opløsningsevne i buesekunder er givet ved ca.  $206265 \cdot 1.2 \cdot \lambda / D$  ( $\lambda$  er strålingens bølgelængde og  $D$  er teleskopets diameter, de to størrelser skal have samme benævnelse!).

Find opløsningsevnen for Arecibo for radiostråling med bølgelængden 21 cm.

Find på samme måde opløsningsevnen for en kikkert med en åbning på 25 cm og gult lys ( $\lambda = 0,00059 \text{ mm}$ ).

**Undvigelseshastigheden:**

Undvigelseshastigheden er den fart et legeme skal have for at slippe væk fra en klodes tyngdefelt, den er (i m/sek) givet ved:

$$V_{\text{und}} = \sqrt{2 \cdot G \cdot m / r}$$

$G = 6,672 \cdot 10^{-11}$  kaldes gravitationskonstanten,  $m$  er klodens masse i kg og  $r$  dens radius i m. Beregn undvigelseshastigheden for Jorden, Månen og Solen.  $m_{\text{Jord}} = 6,0 \cdot 10^{24}$  kg,  $m_{\text{Måne}} = 7,3 \cdot 10^{22}$  kg og  $m_{\text{Sol}} = 2,0 \cdot 10^{30}$  kg.;  $r_{\text{Jord}} = 6,4 \cdot 10^6$  m,  $r_{\text{Måne}} = 1,7 \cdot 10^6$  m og  $r_{\text{Sol}} = 6,9 \cdot 10^8$  m. Hvis  $V_{\text{und}}$  sættes lig lyshastigheden kan ligningen løses for  $r$ , som da kaldes legemets Schwarzschild radius  $R_{\text{sch}}$  og som angiver størrelsen af det sorte hul der har hele sin masse  $m$  indenfor  $R_{\text{sch}}$ .

Vis at Solen, for at blive et sort hul, skulle presses sammen til en kugle med radius ca. 3 km.

Find også Schwarzschild radius for Jorden.

**Tyngdeaccelerationen:**

Tyngdeaccelerationen for en klode med masse  $m$  (kg) og radius  $r$  (m) kan beregnes ud fra:

$$a = G \cdot m / r^2$$

$G = 6,672 \cdot 10^{-11}$  kaldes gravitationskonstanten.

Beregn tyngdeaccelerationen for Jorden, Mars, Solen, en hvid dværgstjerne og en neutronstjerne.

Jorden: masse =  $6 \cdot 10^{24}$  kg, radius = 6371 km

Mars: masse =  $6 \cdot 10^{23}$  kg, radius = 3397 km

Solen: masse =  $2 \cdot 10^{30}$  kg, radius =  $0,7 \cdot 10^6$  km

Dværg: masse =  $2 \cdot 10^{30}$  kg, radius = 7000 km

Neutronstjerne: masse =  $2 \cdot 10^{30}$  kg, radius = 15 km

Det højste bjerg på Jorden er ca. 9 km og på Mars ca. 25 km højt. Er det rimeligt at antage at tyngdeaccelerationen og højden af det højste bjerg er omvendt proportionale?

Beregn højden af det højste bjerg på en hvid dværg og på en neutronstjerne under denne antagelse.

**Relativitetsteori:**

Lys fra en stjerne der passerer tæt forbi en anden stjerne bliver afbøjet fordi stjernens tyngde krummer rummet; afbøjningen i buesekunder er  $1,75 \cdot M/R$ , hvor  $M$  er stjernens masse i Solmasser og  $R$  er den afstand lysstrålen passerer stjernen i målt i Solradier. For stjernelys der passerer Solranden bliver afbøjningen altså  $1,75''$  (det kan iagttages under solformørkelser).

Find afbøjningen af lys der tangerer en hvid dværgstjerne og en neutronstjerne.

**Meteornedslag:**

Vi forestiller os at en kugleformet asteroide med radius på 5 km og en fart på 30 km/sek rammer jorden. Hvis dens massefylde er 2,5 (sten) hvor meget vejer den så? Hvor stor bevægelsesenergi har den ( $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ )? Atombomben over Hiroshima frigjorde en energi på  $6 \cdot 10^{13}$  J, hvor mange Hiroshimabomber vil meteornedslaget svare til? Et jordskælv, der på Richterskalaen måles til styrken S udløser en energi på

$$0,063 \cdot 250S \text{ J}$$

Det hidtil kraftigste skælv var på næsten 9 og der dræbtes 35.000 mennesker, men mindre skælv har kostet langt flere menneskeliv.

Hvad vil styrken af det skælv, som meteornedslaget medfører, være? (prøv dig frem med en lommeregner).

Der er nogle der hævder at kæmpeøglernes uddøen skyldes et meteornedslag, undersøg sagen.

Hvis det "kun" er en komet med radius 5 km der rammer hvad sker så? En komet er en løst bundet snebold, massefylde ca. 0,5.

**Synsvinkel:**

Når man ser et himmellegeme fra en vis afstand ses det i en lille vinkel  $w$ ; vinklen i grader kan udregnes til  $w = d \cdot 180 / (a \cdot \pi)$ , her er  $d$  himmellegemets diameter og  $a$  er afstanden fra dig til himmellegemet.

Beregn Månens vinkeludstrækning set fra Jorden. (Månens diam.=3476 km og afstand=384000 km).

Beregn Plutomånen Charons vinkeludstrækning set fra Pluto. (Charons diam.=600 km og afstand fra Pluto = 19.900 km).

Beregn Solens vinkeludstrækning set fra Pluto. (Solens diam.= $1,4 \cdot 10^6$  km og Sol-Pluto afstand er  $5899 \cdot 10^6$  km).

Sammenlign med den vinkel en krone ses i fra 1 m afstand og fra 1 km afstand.

Prøv at bevise formlen ovenfor.

**Fussion:**

Undersøg hvordan tungere og tungere atomkerner dannes ved fussion inden i stjerner efterhånden som de ældes. Hvorfor kan der ikke dannes kerner tungere end jern i stjerner? Hvordan er kerner som Uran så dannet?



## Opgaver til 10. klasser

### Antallet af galakser:

Man har ved galaksetællinger fundet at der inden for en kugle med centrum i Mælkevejen og en radius på 200 mio. lysår er ca. 1 mio. galakser. Hvis vi regner med at galaksetætheden er den samme i hele Universet, hvor mange galakser kan så ses i det synlige Univers ( i dag kan man se objekter der er op til 10.000 mio. lysår væk).

### Kikkerteknik:

Almindeligt døgnet og stjernedøgnet.

Hvad er et døgnet?

Hvor lang tid går der fra en stjerne er i Syd til den næste gang er i Syd?

### Synsfelt:

Du har en fast monteret kikkert, en stjerne nær himlens ækvator er 3min.30sek. om at passere synsfeltet, hvor stort er det?

### Astrofotografering:

Find størrelsen af feltet du optager hvis du bruger almindelig 24×36 film og en standard 50 mm optik. Kan Karlsvognen være i feltet?

Du har en 200 mm tele og ønsker at optage Orientågen (tæt på ækvator) fra fast kamera, hvor lang eksponering kan du tillade dig når du kræver stjernespør på højst 0,3 mm på det færdige 10×15 billede?

Du fotograferer fuldmånen i primærfokus gennem en 60 mm F:15 skolerefraktor, hvor stort er feltet? Kan hele Månen være på et billede? (Månen måler ca. 30', den er så lysstærk at den kun kræver en meget kort eksponering, man kan bruge kameraets indbyggede lysmåler til at vurdere denne, prøv også med den dobbelte og den halve tid).

Prøv at vurdere om månen kan være på billedet (opg. ovenfor) hvis du bruger en 2 x Barlowlinse mellem kikkert og kamera.

Du har en 20 cm F:10 Cassegrain og vil fotografere i primærfokus, hvor stort bliver feltet med en 24×36 film.

### Mælkevejens masse

Solen, masse= $m$ , bevæger sig rundt om mælkevejens centrum med en fart på  $v=250$  km/sek og den befinder sig  $r=30.000$  lysår fra centret. For at bevæge sig rundt sådan må den være påvirket af en centripetalkraft på

$$F_c = m \cdot v^2 / r.$$

Den tyngdekraft, som leverer den nødvendige centripetalkraft, kan beregnes. Tyngden stammer fra den del af Mælkevejen der er inden for 30.000 lysår fra centrum (det er det meste af det der er synligt der er her, se på et billede af Andromeda-galaksen og bliv overbevist), massen kan beregnes ud fra tyngdeloven:

$$F_G = G \cdot M_{\text{mælkeveje}} / r^2$$

( $G = 6,672 \cdot 10^{-11}$  kaldes gravitationskonstanten,  $M_{\text{mælkeveje}}$  er Mælkevejens masse i kg, nøjagtigt det der er indenfor 30.000 lysår fra centret og  $r$  er radius, her 30000 lysår).

Ved at sætte  $F_c = F_G$  kan Mælkevejens masse findes, find den.

De fleste stjerner er lettere end Solen, antag at deres gennemsnitsmasse er  $2/3$  Solmasse. Find antallet af stjerner i Mælkevejen. Solmassen =  $1,989 \cdot 10^{30}$  kg; 1 lysår =  $9,46 \cdot 10^{15}$  m.

Mælkevejen er en skive med radius 50.000 lysår og tykkelse 3000 lysår, find antal stjerner per kubiklysår. Hvor langt er der mellem dem?

For en stjerne i Andromeda-galaksen har man målt  $r = 65.000$  lysår og  $v = 280$  km/sek. Hvor mange flere stjerner er der i Andromeda-galaksen end i Mælkevejen?

I marts 94 målte Rumteleskopet hastigheder tæt på centrum af den elliptiske kæmpegalakse M-87. Man fandt at 60 lysår fra centrum var rotationshastigheden 550 km/sek.

Beregn antal solmasser per kubiklysår for centrum af M-87.

Beregn tætheden af stjerner i midten af M-87. Kugleformet område  $r = 60$  lysår;  $V_{\text{kugle}} = 4 \cdot \pi \cdot r^3 / 3$ .

Hvor langt er der mellem dem i gennemsnit?

Hvor meget tættere er stjernerne på hinanden i midten af M-87 sammenlignet med vort nabolag?

(I midten af M-87 gætter man på at der er et gigantisk sort hul)

### **Mælkevejens massefylde:**

Vi antager at Mælkevejen er en skive med diam. på 100.000 lysår, tykkelse på 3000 lysår og at den indeholder 1011 stjerner og intet andet. Find så stjernetætheden i stjerner/kubiklysår.

Hvad er gennemsnitsmassefylden af Mælkevejen?

Hvis vi antager at alt består af Brint (det er næsten rigtigt), hvor mange brintatomer er der så i gennemsnit pr.  $m^3$ ? (1 brintatom vejer  $1,7 \cdot 10^{-27}$  kg).

### **Elektromagnetiske bølger:**

Alle legemer udsender elektromagnetisk stråling med mange forskellige bølgelængder, en bølgelængde  $\lambda_{\text{max}}$  vil dog altid dominere. Det har vist sig at

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2,9 \text{ mm} \cdot \text{K}$$

(her er  $T$  temperaturen af legemet i Kelvingrader og  $\lambda_{\text{max}}$  måles i mm)

Det kaldes Wiens forskydningslov.

Er røde stjerner varmere eller koldere end blå stjerner?

Solens overfladetemperatur er 6000°K, hvilken farve svarer den dominerende stråling til?

Universets temperatur er 2,7°K, hvilken bølgelængde er dominerende.

### **Afstanden til stjernerne:**

Ud fra lysstyrken af en stjerne kan dens afstand findes. Stjernen Altair i stjernebilledet Ørnen lyser, set herfra, med nogenlunde samme lysstyrke som planeten Saturn når den er os nærmest.

Solens lys spredes ud på en større og større kugleskal jo længere det kommer væk fra den, når det rammer Saturn, vil en lille brøkdel sendes tilbage så vi kan se planeten.

Find hvor stor en brøkdel af kuglens overflade Saturns skive udgør, og dermed hvor stor en del af sollyset der rammer Saturn.

Saturn reflekterer kun 76% af sollyset, find den brøkdel af al Solens lys den sender tilbage til os så vi kan se den.

Ud fra den kendte afstand mellem Jorden og Saturn og viden om at strålingen mindskes med kvadratet på afstanden kan man nu finde afstanden til Altair (vi antager at stjernen lyser som Solen). Gør det.

Omregn afstanden til lysår.

I virkeligheden lyser Altair mere end Solen, er den afstand du har fundet så for stor eller for lille.

Afstand Sol-Saturn = 9,5 AU

Afstand Jord-Saturn = 8,5 AU

1 AU=149,6 mio. km.

Saturns diameter = 119300 km.

Kuglens overflade =  $4 \cdot \pi \cdot r^2$ .