

i **Forside**

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Skriftlig eksamen i AST1010

2023 VÅR

Varighet: 24. april, 09:00 til 11:00

Oppgavesettet består av 50 flervalgsoppgaver. Alle spørsmål har kun ett riktig svar, og du får 1 poeng for riktig svar og 0 poeng for galt svar eller ingen svar.

Tillatte hjelpemidler: Ingen hjelpemidler er tillatt.

Vedlegg: Formelsamling

Tall og utregninger du kan trenge i regneoppgavene

Trøsterunde:

Emneansvarlig kommer til å ta en trøsterunde under eksamen.

Lykke til!

i **Formelsamling**

Erstatt denne teksten med ditt innhold...

i **Nyttige tall**

Erstatt denne teksten med ditt innhold...

1 Oppgave 1

I oppgave 1, 2 og 3 kan du anta at alle baner er sirkler, og at baneplanet til stjerna og planeten ligger langs synslinja vår.

Den ekstrasolare planeten 51 Pegasi b ble oppdaget via dopplermålinger av radialhasigheten til den sol lignende stjerna 51 Pegasi. Radialhastigheten til denne stjerna varierer med en periode på 10^{-2} år. Hva er radius til planetbanen?

Velg ett alternativ:

☐ 500 AU

☐ 0.05 AU

Maks poeng: 1

2 Oppgave 2

Hva er farta til 51 Pegasi b i banen dens?

Velg ett alternativ:

☐ 1.5 m/s

☐ $1.5 \cdot 10^5$ m/s

Maks poeng: 1

3 Oppgave 3

Banefarta til stjerna ble målt til å være 100 m/s. Hva er massen til planeten sammenlignet med massen til Jupiter? Massen til Jupiter er $2 \cdot 10^{27}$ kg

Velg ett alternativ:

- ☐ 5 jupitermasser
- ☐ 0,5 jupitermasser

Maks poeng: 1

4 Oppgave 4

Hva er Schwarzschild-radien til et svart hull med masse lik 30 solmasser?

Velg ett alternativ:

- ☐ 90 m
- ☐ 90 km

Maks poeng: 1

5 Oppgave 5

Det svarte hullet fra oppgave 4 er en del av det dobbeltsystem. Det andre svarte hullet har også masse lik 30 solmasser, og de går i sirkelbaner rundt deres felles massesenter. Omløpstiden er 2 minutter, som er det samme som $4 \cdot 10^{-6}$ år. Hva er avstanden mellom dem?

Velg ett alternativ:

- ☐ 1 AU
- ☐ 0.001 AU

Maks poeng: 1

6 Oppgave 6

Systemet fra oppgave 5 sender ut gravitasjonsbølger og mister derfor energi. Som en konsekvens av dette sirkler de to svarte hullene inn mot hverandre. Hvor lang tid vil det gå fra de har avstanden du fant i oppgave 5 til de kolliderer?

Velg ett alternativ:

- ☐ 0.7 år
- ☐ 7000 år

Maks poeng: 1

7 Oppgave 7

Hva er universets alder hvis den enhetsløse hubblekonstanten h er lik 0.7?

Velg ett alternativ:

- ☐ 14 millioner år
- ☐ 14 milliarder år

Maks poeng: 1

8 Oppgave 8

Vi observerer en galakse og finner at den har rødforskyvning $z=8$. Anta at universet bare inneholder mørk materie og baryonisk materie, og at det er 14 milliarder år gammelt. Hvor lenge har lyset fra denne galaksen reist når det når oss?

Velg ett alternativ:

- ☐ 13.5 milliarder år
- ☐ 13.5 år

Maks poeng: 1

9 Oppgave 9

Gitt de samme opplysningene og antakelsene som i oppgave 8, hva er avstanden til denne galaksen i dag?

Velg ett alternativ:

- ☐ 13.5 lysår
- ☐ 28 milliarder lysår

Maks poeng: 1

10 Oppgave 10

Hvilken av disse oppdagelsene gjorde Galileo Galilei?

Velg ett alternativ:

- ☐ At Venus har faser på samme måte som månen
- ☐ At universet utvider seg
- ☐ At sola er sentrum i solsystemet
- ☐ At jorda er ei kule

Maks poeng: 1

11 Oppgave 11

Episykler ble innført for å

Velg ett alternativ:

- ☐ forklare at vi har årstider
- ☐ for å forklare karbonsyklusen
- ☐ for å forklare solflekksyklusen
- ☐ for å forklare retrograd bevegelse

Maks poeng: 1

12 Oppgave 12

Hva er ideen bak dopplermetoden for å finne eksoplaneter?

Velg ett alternativ:

- ☐ Jo flere planeter ei stjerne har, desto raskere vil den bevege seg
- ☐ En planet i bane rundt ei stjerne får stjerna til å bevege på seg
- ☐ Spekteret til ei stjerne med planeter rundt seg vil alltid være rødforskjøvet, aldri blåforskjøvet
- ☐ En stjerne som har en eller flere planeter rundt seg vil avgi et lydsignal

Maks poeng: 1

13 Oppgave 13

Hvilken av følgende størrelser kan vi *ikke* bestemme med dopplermetoden?

Velg ett alternativ:

- ☐ Omløpstida til planeten
- ☐ Radius til planetbanen
- ☐ Planetmassen
- ☐ Planetens radius

Maks poeng: 1

14 Oppgave 14

Hvilken størrelse kan vi bestemme med formørkelsesmetoden for å oppdage eksoplaneter?

Velg ett alternativ:

- ☐ Planetens radius
- ☐ Planetens masse
- ☐ Planetens magnetfelt
- ☐ Planetens temperatur

Maks poeng: 1

15 Oppgave 15

Hva er den viktigste grunnen til at Venus har så mye høyere temperatur ved overflata enn jorda?

Velg ett alternativ:

- ☐ Venus er mye nærmere sola enn jorda er
- ☐ Venus har veldig mange aktive vulkaner
- ☐ Den har en kraftig drivhuseffekt på grunn av en atmosfære som består av 96% karbondioksid
- ☐ På grunn av helningen til rotasjonsaksen har Venus sommer overalt, hele tida

Maks poeng: 1

16 Oppgave 16

Hva er felles for stjerner på hovedserien i Hertzsprung-Russell-diagrammet?

Velg ett alternativ:

- ☐ De er alle gule
- ☐ De fusjonerer hydrogen til helium i kjernen
- ☐ De kommer til å ende livene sine som supernovaer av type 1a
- ☐ De veier alle minst 2 solmasser

Maks poeng: 1

17 Oppgave 17

Hvorfor er det liten sjanse for å finne bebodde planeter rundt stjerner som veier 2 solmasser eller mer?

Velg ett alternativ:

- ☐ De har så sterke tyngdefelt at planetbaner blir ustabile
- ☐ De har kraftige stjernevinder som blåser alle planetatmosfærer vekk
- ☐ De har så høy luminositet at planeter i bane rundt dem blir for varme til å ha vann i flytende form
- ☐ De har for kort levetid på hovedserien til at liv rekker å utvikle seg

Maks poeng: 1

18 Oppgave 18

Hvorfor er Jupiter-månen Europa så interessant?

Velg ett alternativ:

- ☐ Den kan brukes til å bestemme lysfarta
- ☐ Den har enorm vulkansk aktivitet
- ☐ Det er et mysterium at det finnes en måne med samme navn som en verdensdel
- ☐ Den har et saltvannshav under isoverflata, og kanskje finnes det liv der

Maks poeng: 1

19 Oppgave 19

Hvilken påstand om planeten Mars er riktig?

Velg ett alternativ:

- ☐ Det er funnet spor av liv på overflaten
- ☐ Den befant seg en gang i en bane nærmere sola enn jorda
- ☐ Overflaten er ubeboelig i dag, men mye tyder på at Mars en gang hadde et stort hav
- ☐ Man kan se spor etter kunstige kanaler på overflaten

Maks poeng: 1

20 Oppgave 20

Sola vil ende livet sitt som

Velg ett alternativ:

- ☐ Hvit dverg
- ☐ Hovedflyplass for Stavanger-området
- ☐ Svart hull
- ☐ Nøytronstjerne

Maks poeng: 1

21 Oppgave 21

Hvilken fysisk betydning har Chandrasekhar-grensen (som er lik 1.4 solmasser)

Velg ett alternativ:

- ☐ Hvite dverger med masse over denne grensen er ustabile og vil kollapse
- ☐ Svarte hull med masse over denne grensen sender ut Hawking-stråling
- ☐ Nøytronstjerner med masse over denne grensen roterer raskere enn lyset
- ☐ Stjerner med masse større enn denne grensen blir til svarte hull

Maks poeng: 1

22 Oppgave 22

Erna og Jonas er ute i verdensrommet igjen. Ved et uhell(?) har Jonas havnet i fritt fall mot et svart hull med masse lik 1 milliard solmasser. Han sender desperate SOS-signaler mot Erna, men han innser raskt at dette er til liten nytte. Hvorfor?

Velg ett alternativ:

- ☐ Signalene hans blir rødforskjøvet og vil etter kort tid ikke være synlige for Erna
- ☐ Det er valgår, og Erna er derfor neppe spesielt interessert i å redde ham.
- ☐ Lyssignalene hans vil drukne i Hawking-strålingen fra det svarte hullet
- ☐ Han blir spagettifisert i løpet av noen nanosekunder

Maks poeng: 1

23 Oppgave 23

Hvilken fysisk betydning har hendelseshorizonten til et svart hull?

Velg ett alternativ:

- ☐ Spagettifisering starter ved hendelseshorizonten
- ☐ Ved hendelseshorizonten er unnslippingsfarten uendelig stor
- ☐ Ikke noe, selv ikke lys, kan slippe ut fra området innenfor hendelseshorizonten
- ☐ Ved hendelseshorizonten står tiden stille for en observatør i fritt fall inn mot det svarte hullet

Maks poeng: 1

24 Oppgave 24

Hvilken av de følgende er en grunn til at vi ønsker å bygge teleskop med stor speildiameter?

Velg ett alternativ:

- ☐ Stort teleskop = høy forstørrelse
- ☐ Stort teleskop=høy anseelse i kantina
- ☐ Stort teleskop=høy oppløsningsevne
- ☐ Stort teleskop=lavere pris fra leverandører

Maks poeng: 1

25 Oppgave 25

Det svarte hullet i sentrum av M87 har en skygge med vinkelstørrelse på himmelen på noen titalls mikrobuesekunder. Hvordan klarte forskerne i Event Horizon Telescope-prosjektet å ta et bilde av det?

Velg ett alternativ:

- ☐ De satte sammen observasjoner fra flere teleskop spredd over jordas overflate. Dermed fikk de effektivt et teleskop på størrelse med jordas omkrets
- ☐ De utnyttet gravitasjonslinse-effekten
- ☐ De brukte banene til stjerner i nærheten av det svarte hullet til å konstruere bildet
- ☐ De brukte en avansert satellitt

Maks poeng: 1

26 Oppgave 26

Hva var de første observasjonene som viste at det finnes et svart hull med masse rundt 4 millioner solmasser i sentrum av Melkeveien?

Velg ett alternativ:

- ☐ Astronomer fant supermassive svarte hull i alle andre galakser og konkluderte derfor at det også må være et i vår egen
- ☐ De observerte banene til stjerner nær sentrum av Melkeveien viste at de går rundt et massivt og svært kompakt objekt
- ☐ Vi mottok radiosignaler fra romvesener som var i ferd med å falle inn i det
- ☐ Astronomer observerte supernovaen som førte til at det ble dannet

Maks poeng: 1

27 Oppgave 27

Hvilket av de følgende scenarioene fører til en supernova av type 1a?

Velg ett alternativ:

- ☐ Stortingskantina har hatt gul ertesuppe på menyen
- ☐ To nøytronstjerner kolliderer, blir ustabile og eksploderer
- ☐ Jernkjernen i en massiv stjerne blir ustabil, kollapser og lager en sjokkbølge som blåser de ytre lagene vekk
- ☐ En hvit dverg er i et dobbelsystem med en rød kjempe. Masse strømmer fra den røde kjempen over på den hvite dvergen som kommer over Chandrasekhar-grensen, blir ustabil og eksploderer

Maks poeng: 1

28 Oppgave 28

Hvilken av de følgende er IKKE en type aktiv galaksekjerne (AGN)?

Velg ett alternativ:

- ☐ Blazar
- ☐ Radiogalakse
- ☐ Kvasar
- ☐ Gammaglimt

Maks poeng: 1

29 Oppgave 29

Hva er "motoren" i en aktiv galaksekjerne (AGN)?

Velg ett alternativ:

- ☐ Gass som strømmer inn mot et supermassivt svart hull
- ☐ Mørk materie
- ☐ Fusjon av hydrogen til helium
- ☐ Mørk energi

Maks poeng: 1

30 Oppgave 30

Hva er gravitasjonsbølger?

Velg ett alternativ:

- ☐ Bølger i en planetatmosfære som skyldes periodiske variasjoner i gravitasjonsfeltet til stjerna planeten går rundt
- ☐ Elektromagnetiske bølger som ses av en observatør i fritt fall mot et svart hull
- ☐ Bølger i havet som skyldes at månens tyngfelt trekker mer på siden av jorda som vender mot den enn på siden som vender vekk
- ☐ Periodiske endringer i strukturen til rommet som brer seg utover fra kilden

Maks poeng: 1

31 Oppgave 31

Den første eksoplaneten som ble oppdaget har masse sammenlignbar med Jupiters og går i en bane svært nær ei sol-lignende stjerne. Hvorfor ble astronomer overrasket over dette funnet?

Velg ett alternativ:

- ☐ I den rådende teorien for stjerneutvikling ville en slik planet i en slik bane starte en supernova-eksplosjon
- ☐ Ingen trodde det var mulig å oppdage planeter rundt andre stjerner
- ☐ De trodde at slike baner var ustabile
- ☐ I den rådende modellen for dannelse av planetsystemer må gasskjemper som Jupiter bli dannet langt vekk fra stjerna

Maks poeng: 1

32 Oppgave 32

Hvorfor er direkte observasjon av eksoplaneter i de fleste tilfeller umulig?

Velg ett alternativ:

- ☐ Eksoplanetene er stort sett for små
- ☐ Vinkelavstanden mellom eksoplaneter og stjerna de går rundt er nesten alltid mindre enn oppløsningsevnen til våre beste teleskop
- ☐ Det store flertallet av eksoplaneter er skjult bak den mørke materien i Melkeveien
- ☐ Heisenbergs uskarphetsrelasjon fører til at vi ikke kan observere stjerna og planeten samtidig

Maks poeng: 1

33 Oppgave 33

Hvilke to parametere er med på å bestemme hva slags atmosfære, om noen, en planet har?

Velg ett alternativ:

- ☐ Temperatur og unnslippingshastighet
- ☐ Trykk og entropi
- ☐ Temperatur og trykk
- ☐ Trykk og unnslippingshastighet

Maks poeng: 1

34 Oppgave 34

Hva er dopplereffekten?

Velg ett alternativ:

- ☐ Bølgelengden til lys er den samme for alle observatører i relativ bevegelse med konstant fart
- ☐ Bølgelengden til lys er den samme for en observatør i fritt fall og en observatør i et konstant tyngdefelt
- ☐ Bølgelengden til lys blir kortere hvis kilden er på vei vekk fra oss, lengre hvis den er på vei mot oss
- ☐ Bølgelengden til lys blir lengre hvis kilden er på vei vekk fra oss, kortere hvis den er på vei mot oss

Maks poeng: 1

35 Oppgave 35

Hva menes med begrepet "standard lyskilde"?

Velg ett alternativ:

- ☐ Et objekt med kjent fysisk størrelse
- ☐ Et objekt med kjent temperatur
- ☐ Et objekt med kjent luminositet
- ☐ Et objekt med kjent sammensetning

Maks poeng: 1

36 Oppgave 36

Hvorfor er standard lyskilder viktige i astronomien?

Velg ett alternativ:

- ☐ Hvis vi kjenner sammensetningen til et objekt, kan vi bestemme dets alder
- ☐ Hvis vi kjenner den fysiske størrelsen til et objekt, kan vi bestemme hvor raskt det beveger seg
- ☐ Hvis vi kjenner temperaturen til et objekt, kan vi bestemme dets masse
- ☐ Hvis vi kjenner luminositeten til et objekt, kan vi bestemme avstanden til det

Maks poeng: 1

37 Oppgave 37

Hva befinner seg i områdene mellom spiralarmene i en spiralgalakse?

Velg ett alternativ:

- ☐ Tomt rom
- ☐ Alle de svarte hullene i galaksen samles opp der
- ☐ Store mengder Higgs-bosoner
- ☐ Stjerner og gass

Maks poeng: 1

38 Oppgave 38

Hvis vi baserer oss på den synlige massen i en spiralgalakse og bruker Keplers 3. lov til å regne ut farta til stjerner i sirkelbaner som funksjon av avstand fra sentrum, hva vil vi finne?

Velg ett alternativ:

- ☐ Farta avtar til å begynne med, flater ut på et konstant nivå i skiva
- ☐ Farta øker til å begynne med, men avtar når vi går mot kanten av skiva
- ☐ Farta går mot uendelig når vi nærmer oss kanten av skiva
- ☐ Farta er konstant gjennom hele galaksen

Maks poeng: 1

39 Oppgave 39

Hvilken av de følgende elementærpartiklene er en (liten) del av den mørke materien i universet?

Velg ett alternativ:

- ☐ Nøytrinoet
- ☐ Fotonet
- ☐ Sjarmkvarken
- ☐ Higgsbosonet

Maks poeng: 1

40 Oppgave 40

Hvilken av de følgende (hypotetiske) partiklene kan være en mørk materie-kandidat?

Velg ett alternativ:

- ☐ Elgaronet: En tung partikkel som bare kjenner den svake vekselvirkningen
- ☐ Jonasinoet: En lett partikkel med positiv elektrisk ladning
- ☐ Garantinoet: En lett partikkel som merker alle de fundamentale kreftene
- ☐ Ernaronet: En tung partikkel som bare merker den sterke kjernekraften

Maks poeng: 1

41 Oppgave 41

Hubble-Lemaitres lov sier at

Velg ett alternativ:

- ☐ Jo lengre unna en galakse er, desto mer mørk materie finnes i den
- ☐ Jo lengre unna en galakse er, desto raskere er den på vei vekk fra oss
- ☐ $E=mc^2$
- ☐ Jo lengre unna en galakse er, desto saktere beveger den seg vekk fra oss

Maks poeng: 1

42 Oppgave 42

Hva skyldes rødforskyvningen i spektret til fjerne galakser?

Velg ett alternativ:

- ☐ At bølgelengden til lyset blir strukket mens rommet mellom galaksene utvider seg
- ☐ Dopplereffekten
- ☐ Fjerne galakser inneholder for det meste røde kjemper
- ☐ Gravitasjonsfeltet til det svarte hullet i sentrum av galaksen

Maks poeng: 1

43 Oppgave 43

Hvilken betydning har den såkalte kritiske tettheten i kosmologien?

Velg ett alternativ:

- ☐ I et univers med kritisk tetthet har rommet negativ krumning
- ☐ I et univers med kritisk tetthet har rommet krumning lik 0.
- ☐ I et univers med kritisk tetthet har rommet positiv krumning
- ☐ I et univers med kritisk tetthet vil UFOer være vanlige

Maks poeng: 1

44 Oppgave 44

Hva betyr det at universet har flat geometri

Velg ett alternativ:

- ☐ Bare to av de tre romlige dimensjonene utvider seg
- ☐ Vanlig, euklidsk geometri gjelder: Vinkelsummen i en trekant er 180 grader, omkretsen av en sirkel er lik π ganget med diameteren...
- ☐ Universet har bare to dimensjoner
- ☐ Store strukturer som galakser og galaksehoper ser flate ut

Maks poeng: 1

45 Oppgave 45

Hva forutsier Big Bang-modellen om den kosmiske bakgrunnsstrålingen?

Velg ett alternativ:

- ☐ Den skyldes synkrotronstråling
- ☐ Den kommer fra svarte hull som fordampet tidlig i universets historie
- ☐ Den har svart legeme-spektrum og er svært nær isotrop (lik i alle retninger)
- ☐ Den burde ikke eksistere

Maks poeng: 1

46 Oppgave 46

Hva skjedde i epoken som kalles rekombinasjon?

Velg ett alternativ:

- ☐ Universet utvidet seg i løpet av kort tid med en faktor på minst 10^{26}
- ☐ De ble produsert litt flere protoner enn antiprotoner
- ☐ Heliumkjerner ble produsert ved fusjon av hydrogen
- ☐ Nøytrale atomer ble dannet, og den kosmiske bakgrunnsstrålingen begynte å bevege seg fritt gjennom universet

Maks poeng: 1

47 Oppgave 47

Hvorfor er utsagnet "Hele universet ble til i Big Bang" feil?

Velg ett alternativ:

- ☐ Vi kjenner ikke de fysiske lovene ved tider før Planck-tiden, og kan derfor ikke si noe om hva som skjedde helt i begynnelsen
- ☐ Bare deler av universet ble til i Big Bang. Andre deler har alltid eksistert
- ☐ Big Bang en konspirasjon som Illuminati står bak
- ☐ Det ville bryte loven om energibevaring om hele universet ble til i Big Bang

Maks poeng: 1

48 Oppgave 48

Hvilken observasjon førte til at kosmologer begynte å lage modeller med såkalt mørk energi?

Velg ett alternativ:

- ☐ Lys blir bøyd mer enn ventet rundt store galaksehoper
- ☐ Temperaturen til den kosmiske bakgrunnsstrålingen er nesten den samme i alle retninger
- ☐ Universets ekspansjon akselererer
- ☐ Spiralgalakser har flate rotasjonskurver

Maks poeng: 1

49 Oppgave 49

Hvorfor kan ikke mørk materie og mørk energi være det samme?

Velg ett alternativ:

- ☐ Mørk materie består av svarte hull, og svarte hull avgir ikke energi
- ☐ Mørk materie setter opp tiltrekkende tyngdekrefter, mens mørk energi må sette opp frastøtende tyngdekrefter
- ☐ Lurespørsmål. De er egentlig det samme fordi $E=mc^2$
- ☐ Forskjellige navn = forskjellige ting. Elementært

Maks poeng: 1

50 Oppgave 50

Hvorfor finnes det så mange teleskop på Kanariøyene?

Velg ett alternativ:

- ☐ Speil og linser kan kjøpes til "special price" på de lokale markedene der
- ☐ Seks ord: Happy hour på Heia Norge Bar!
- ☐ Astronomer kan parkere familien ved svømmebassenget og få jobbe i fred og ro
- ☐ Stabilt, tørt klima gir gode observasjonsforhold

Maks poeng: 1

Document 2

Attached



Formler som er pensum å kunne bruke i AST1010

Eksoplaneter

$$a^3 = P^2 M \quad (1)$$

Dette er Keplers 3.lov. Når vi regner på eksoplaneter vil vi alltid anta at banene er sirkler, og da er a radius i planetbanen målt i AU (astronomiske enheter, $1 \text{ AU} = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$). M er i praksis lik massen til stjerna M_* og måles i solmasser (solas masse er $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$). P er omløpstida målt i år.

$$v_P = 3 \cdot 10^4 \frac{a}{P} \quad (2)$$

Her er v_P banefarta til planeten i enheten m/s (meter per sekund), a er baneradius målt i AU og P om omløpstid målt i år.

$$M_P = M_* \frac{v_*}{v_P} \quad (3)$$

I denne ligningen er M_P massen til planeten, M_* er stjernemassen i solmasser, v_* og v_P er banefarta til henholdsvis stjerna og planeten, begge i m/s.

Svarte hull

$$R_S = 3M \quad (4)$$

R_S er Schwarzschildradien til et svart hull med masse M . I denne formelen måles R_S i kilometer (km), M i solmasser.

$$a^3 = P^2 M_{\text{tot}} \quad (5)$$

Dette er Keplers 3. lov for to svarte hull, det ene med masse M_1 og det andre med masse M_2 , som går i bane rundt deres felles massesenter. a er avstanden mellom dem målt i AU, P er omløpstiden målt i år og $M_{\text{tot}} = M_1 + M_2$ er summen av massene deres målt i enheter av solas masse.

$$t_{\text{koll}} = 3 \cdot 10^4 \frac{a_8^4}{M_{\text{tot}}^3} \quad (6)$$

t_{koll} er tiden målt i år det tar før to svarte hull med total masse M_{tot} (målt i solmasser) å kolliderer når avstanden mellom dem i utgangspunktet er lik a_8 . a_8 måles i enheter av 10^8 m . Hvis du kjenner a i AU, finner du a_8 ved

å gange a med $1.5 \cdot 10^{11}$ og dele på 10^8 , og det er det samme som å gange a med $1.5 \cdot 10^3$. Eksempel: Hvis $a = 10^{-3}$ AU får vi

$$a_8 = a \cdot 1.5 \cdot 10^3 = 10^{-3} \cdot 1.5 \cdot 10^3 = 1.5$$

Kosmologi

$$H_0 = h \cdot 3 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1} \quad (7)$$

H_0 er hubblekonstanten, h er den enhetsløse hubblekonstanten.

$$t_0 = \frac{10^{10}}{h} \quad (8)$$

t_0 er universets alder i år.

I et univers som bare inneholder mørk materie og baryonisk materie gjelder de to følgende ligningene:

$$t_{\text{lys}} = t_0 \left[1 - \frac{1}{(1+z)^{3/2}} \right] \quad (9)$$

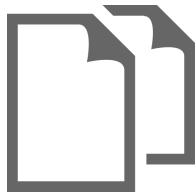
Her er t_{lys} tiden lyset fra et objekt (for eksempel en galakse) med rødforskyvning z har brukt på å nå fram til oss. t_0 er universets alder. Avstanden til denne galaksen er gitt ved

$$d = 3t_0 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+z}} \right) \quad (10)$$

der d er avstanden målt i lysår.

Document 3

Attached



Tall som *kan* være nyttige til eksamen i AST1010, våren 2023

- Solas masse = $1 M_{\odot} = 2.0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
- Solas radius = $1 R_{\odot} = 7.0 \cdot 10^8 \text{ m}$
- Jupiters masse = $2.0 \cdot 10^{27} \text{ kg}$
- Jupiters radius = $7.1 \cdot 10^7 \text{ m}$
- Jordas masse = $1 M_{\oplus} = 6.0 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
- Jordas radius = $1 R_{\oplus} = 6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$
- $(10^{-4})^{1/3} = 0.05$
- $3 \cdot 10^4 \frac{0.05}{10^{-2}} = 15 \cdot 10^4 = 1.5 \cdot 10^5$
- $2 \cdot 10^{30} \frac{10^2}{1.5 \cdot 10^5} = 10^{27}$
- $(4 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 60 = 9.6 \cdot 10^{-10}$
- $(9.6 \cdot 10^{-10})^{1/3} = 10^{-3} = 0.001$
- $1.5 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 1.5$
- $3 \cdot 10^4 \frac{1.5^4}{60^3} = 0.7$
- $\frac{10^{10}}{0.7} = 1.4 \cdot 10^{10}$
- $14 \cdot 10^9 \left(1 - \frac{1}{9^{3/2}}\right) = 13.5 \cdot 10^9$
- $3 \cdot 14 \cdot 10^9 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{9}}\right) = 28 \cdot 10^9$