

# HACKE EN EXOPLANET

## At blive en rumdetektiv

Din opgave er at analysere Cheops-data om exoplaneterne **KELT-3b** og **TOI-560c** og udfylde de manglende oplysninger i deres sagsakter.

Gennem sine videnskabelige missioner søger ESA efter svar på vor tids største spørgsmål, f.eks. universets mysterier, forståelsen af vores solsystem og søgningen efter beboelige planeter eller liv uden for vores egen planet.

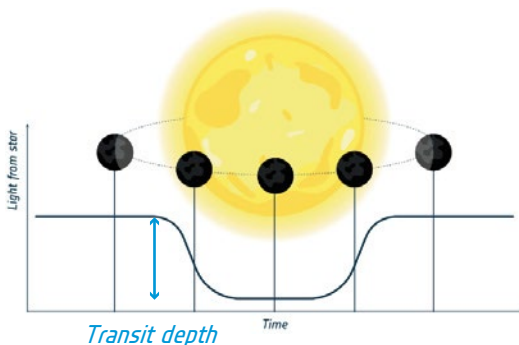
I disse udfordringer skal du sammen med forskerne søge efter svarene og hjælpe dem med at forstå disse to mystiske fremmede verdener.



## Exoplaneter: det grundlæggende



**Cheops'** mission er at observere kendte exoplaneter og karakterisere dem ved at kigge på det dyk i stjernelyset, der skyldes planeternes transit gennem deres værtsstjerner. Cheops observerede de to mystiske exoplaneter, **KELT-3b** og **TOI-560c**, i januar 2023.



Exoplaneter er svære at opdage, da det signal, de modtager fra dem, er lille i forhold til det meget større signal, der kommer fra deres større og lysere værtsstjerner. En af metoderne til at opdage exoplaneter er **transitfotometri**.

Exoplaneten opdages ved at måle en dæmpning af lyset fra stjernen, når exoplaneten passerer mellem stjernen og teleskopet, hvilket kaldes en **exoplanet transit**. En **lyskurve** er en måling af stjernens lys over en tidsperiode. Se til venstre repræsentationen af dykningen i en lyskurve for en stjerne under en exoplanet transit, også kaldet transitdybde.



Astronomer bruger specifikke softwareværktøjer til at analysere dataene og tilpasse matematiske modeller. Du kan få adgang til et af de værktøjer, som astronomerne bruger til at analysere disse exoplaneter: [hackanexoplanet.esa.int/allesfitter](https://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter)



**KELT-3b**



**KELT-3b**  
CASE FILE

**Hurtige fakta:**

TYPE

Hot Jupiter

PLANETENS RADIUS



PLANETENS MASSE

$617 \pm 105 M_{\text{EARTH}}$

ORBITAL PERIOD



AFSTAND TIL VÆRTSSTJERNE



TÆTHED



OPDAGET

2012 af KELT-undersøgelse

EGENSKABER

hævede og luftige

SAMMENSÆTNING



TEMPERATUR

$1543^{+37}_{-39} \text{ } ^\circ\text{C}$

**KELT-3b** er den tredje exoplanet, der er fundet af KELT-undersøgelsen, og denne exoplanet ligner ikke noget, vi har set i vores solsystem.

Cheops observerede denne mystiske exoplanet den **22. januar 2023** kl. **23:20 CET**. Ved at analysere dataene har vi opdaget, at KELT-3b er en...

---

---

---

---

---

---

---

---

I sammenligning med planeterne i solsystemet er KELT-3b...

---

---

---

---

---

---

---

---

**KELT-3** er en sol lignende stjerne 690 lysår væk fra Jorden i stjernebilledet Løven. KELT-3 er lidt større end vores sol.

Stjernens masse =  $1,96 \pm 0,50 M_{\text{Sun}}$

Stjernens radius =  $1,70 \pm 0,12 R_{\text{Sun}}$



TOI - 560c

**Hurtige fakta:**

TYPE

Mini-Neptun

PLANETENS RADIUS



PLANETENS MASSE

$9.70^{+1.80}_{-1.70} M_{\text{EARTH}}$

ORBITAL PERIOD



AFSTAND TIL VÆRTSSTJERNE



TÆTHED



OPDAGET

2021 ved TESS-undersøgelse

EGENSKABER

menes at ligne Neptun

SAMMENSÆTNING



TEMPERATUR

$225 \pm 15 \text{ } ^\circ\text{C}$

Sammenlignet med KELT-3b er TOI-560c næsten tropisk, selv om den stadig er hundredvis af grader celsius varmere end Jorden.

Cheops observerede denne mystiske exoplanet den **23. januar 2023 kl. 13:12 CET**. Ved at analysere disse data har vi opdaget, at TOI 560c er en...

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

I sammenligning med planeterne i solsystemet er TOI-560c...

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**TOI-560**, også kendt som HD 73583, er en lille orangerød stjerne i stjernebilledet Hydra, omkring 103 lysår fra Jorden. TOI-560 er mindre og koldere end vores sol. Ud over TOI-560c er der en anden planet i kredsløb om denne stjerne, TOI-560b.

Stjernens masse =  $0,73 \pm 0,02 M_{\text{Sun}}$

Stjernens radius =  $0,65 \pm 0,02 R_{\text{Sun}}$

START HER



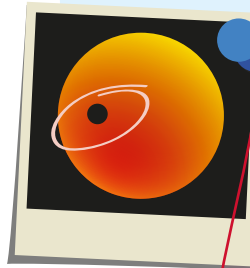
## HVORDAN UNDERSØGES EXOPLANETER?

Exoplaneter er planeter uden for vores eget solsystem, som kredser om en anden stjerne end vores sol. Forskere bruger teleskoper til at opdage deres signaturer.

DU ER KLAR TIL AT STARTE DIN UNDERSØGELSE!

BRUG ALLESFITTER-VÆRKTØJET TIL AT FÅ ADGANG TIL DATA INDSAMLET AF CHEOPS-SATELLITTEN OG ANALYSERE TO MYSTISKE EXOPLANETER: KELT-3B OG TOI-560C.

## STØRRELSEN AF EXOPLANETEN



Dybden af exoplanetens transit er lig med forholdet mellem planetens og stjernens diskareal. Ved at måle transitens dybde og kende stjernens radius ( $R_s$ ) kan man bestemme exoplanetens radius ( $R_p$ ).

$$\text{transit depth (\%)} \approx \frac{\pi R_p^2}{\pi R_s^2} \times 100$$

HVORDAN ER DIT ESTIMAT AF STØRRELSEN AF EXOPLANETEN SAMMENLIGNET MED ALLESFITTER-VÆRDIEN FOR DEN BEDSTE MODELPAASNING?

## ORBITAL PERIOD

En planets omløbstid,  $T$ , er den tid det tager planeten at fuldføre et fuldt kredsløb om sin stjerne. Hvis der observeres flere baner for den samme exoplanet, er tidsintervallet mellem de registrerede dyk i lyskurven et direkte mål for planetens omløbstid.

HVORNÅR VIL DEN NÆSTE TRANSIT AF DIN EXOPLANET FINDE STED?

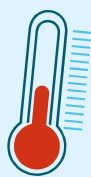


## KREDSLØBSAFSTAND

Baseret på omløbstiden  $T$  kan vi udlede afstanden  $d$  mellem planeten og stjernen ved hjælp af Keplers tredje lov. Hvor  $G$  er gravitationskonstanten og  $M_{star}$  er stjernens masse.

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM_{star}} \right) d^3$$

HVORDAN ER AFSTANDEN TIL KREDSLØBET BEREGNET VED HJÆLP AF KEPLERS TREDJE LOV SAMMENLIGNET MED RESULTATET AF DEN BEDSTE MODELPAASNINGSVÆRDI?



## TEMPERATUR

En planets temperatur er for det meste defineret af dens afstand til værtsstjernen og af tilstedeværelsen af en atmosfære. Temperaturen er en vigtig faktor, der skal tages i betragtning for at sikre beboelighed. Når en planet kredser om en stjerne i en afstand, hvor der kan være flydende vand til stede, befinder planeten sig i den beboelige zone.

TROR DU, AT DIN EXOPLANET BEFINDER SIG I VÆRTSSTJERNENS BEBOELIGE ZONE?



## SAMMENSÆTNING

En exoplanets masse,  $M$ , kan ikke bestemmes ud fra transitmetoden, men det kan andre metoder som radialhastigheden. Når både en planets masse og radius er kendt, kan vi estimere exoplanetens massefylde,  $\rho$ , og sammensætning.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Hvor  $V$  er exoplanetens volumen. For at beregne planetens volumen antager vi, at den er en perfekt kugle:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

HVAD ER TÆTHEDEN AF DIN EXOPLANET? HVAD TROR DU, AT DENS SAMMENSÆTNING ER?

## SAMMENLIGNING

I vores solsystem er planeterne opdelt i to kategorier: stenede og gasformige planeter. Men exoplaneter kan være meget forskellige fra de naboplaneter, som vi er vant til.

HVORDAN ER DIN EXOPLANET SAMMENLIGNET MED JORDEN OG DE ANDRE PLANETER I SOLSYSTEMET?



# GLOSSAR

For at løse udfordringerne skal du have nogle oplysninger om astronomiske størrelser og enheder. I astronomi præsenteres målinger ofte i eksotiske enheder. Mange af disse enheder vedrører størrelser, der kan måles nøjagtigt, som f.eks. størrelsen af nogle astronomiske objekter.

## Astronomisk enhed (au)

En astronomisk enhed er omtrent afstanden mellem Jorden og Solen.

1 au = 149 597 870,7 km. Et lysår er betydeligt større end en astronomisk enhed. 1 ly = 63 241 au.

## Solens radius ( $R_{\text{Sun}}$ )

En solradius svarer til Solens radius; denne enhed er nyttig, når man sammenligner stjernestørrelser. 1

$R_{\text{Sun}} = 695\,700$  km.

## Jordens radius ( $R_{\text{Earth}}$ )

Jordens radius er ca. 11 gange mindre end Jupiters radius. 1  $R_{\text{Earth}} = 6\,378$  km.

## Solens masse ( $M_{\text{Sun}}$ )

Solen er en mellemstor stjerne med en masse, der er 330 000 gange større end

Jordens masse. 1  $M_{\text{Sun}} = 1,9884 \times 10^{30}$  kg.

## Jordens masse ( $M_{\text{Earth}}$ )

Jorden er den største af de stenede planeter i vores solsystem. 1

$M_{\text{Earth}} = 5,9722 \times 10^{24}$  kg.

## Gravitationskonstant (G)

Er en konstant, der bruges til at beregne tyngdekraft

tiltrækningen mellem to objekter.  $G = 6,6743 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ .

## Lysets hastighed (c)

Lysets hastighed er konstant, hvis den i et vakuum er  $c = 299\,792\,458$  m/s.

## År (y)

Selv om der findes flere forskellige slags år, er *et år* i astronomi 365,25 dage (31 557 600 sekunder).

## Lysår (ly)

Et lysår er den afstand, som lyset tilbagelægger i løbet af et år. 1 ly = 9 460 730 472 580,8 km.

## → Informationsark om planeterne i solsystemet

	Planet	Radius ( $R_{\text{Earth}}$ )	Masse ( $M_{\text{Earth}}$ )	Gennemsnitlig afstand i kredsløb (au)	Omløbsperiode (dage)	Massefylde ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Gennemsnitstemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
Rocky	<b>Kviksølv</b>	0,383	0,055	0,39	88	5,43	167
	<b>Venus</b>	0,949	0,815	0,72	224,7	5,24	464
	<b>Jorden</b>	1	1	1	365,25	5,51	15
	<b>Mars</b>	0,532	0,107	1,5	687	3,93	-65
Gas gigant	<b>Jupiter</b>	11,21	317,8	5,2	4 331	1,33	-110
	<b>Saturn</b>	9,45	95,2	9,6	10 747	0,69	-140
	<b>Uranus</b>	4,01	14,5	19,2	30 589	1,27	-195
	<b>Neptun</b>	3,88	17,1	30,2	59 800	1,64	-200