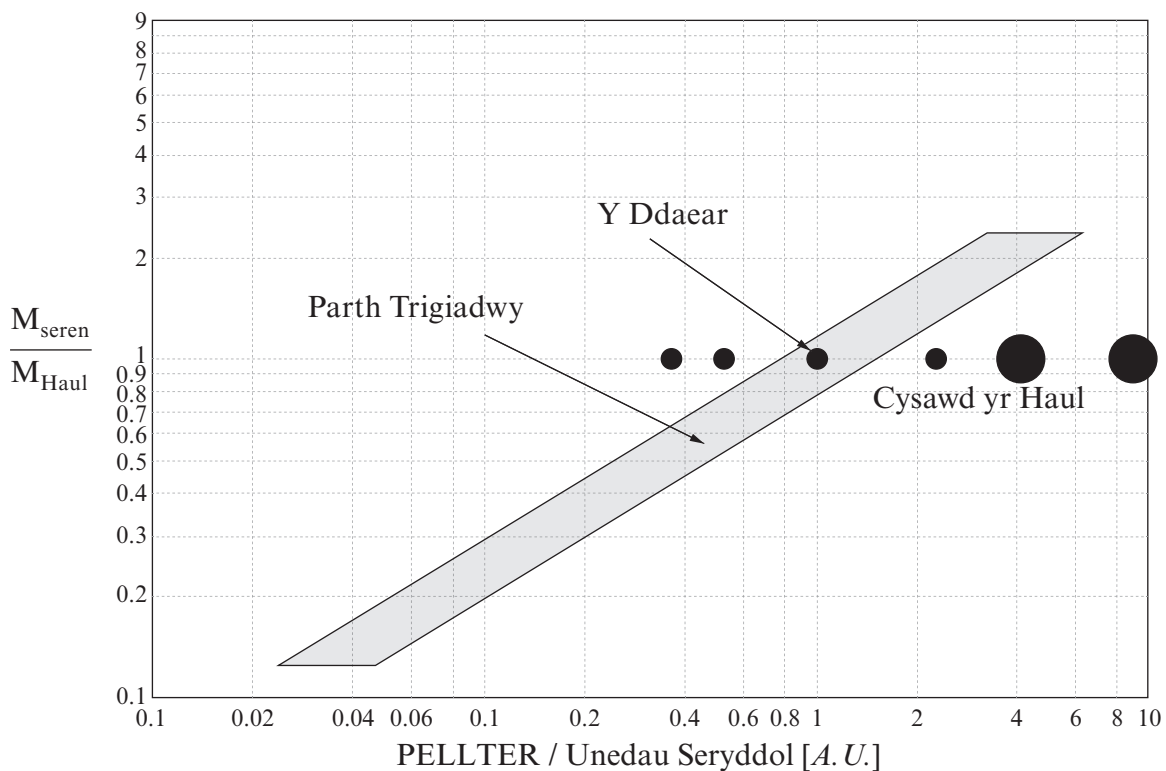


Planedau all-solar

Planed y tu allan i Gysawd yr Haul yw **planed all-solar** neu **all-blaned**. Mae seryddwyr wedi cyhoeddi eu bod wedi darganfod dros 500 o blanedau o'r fath a chadarnhau eu bodolaeth. Cafodd y rhan fwyaf o all-blanedau eu darganfod trwy arsylwi ar gyflymder rheiddiol a dulliau anuniongyrchol eraill yn hytrach na delweddu uniongyrchol ac mae seryddwyr yn credu bod y rhan fwyaf o'r rhain yn blanedau cawr, tebyg i Iau. Mae'n hysbys erbyn hyn bod gan ffracsiwn sylweddol o sêr systemau planedol, gan gynnwys o leiaf ryw 10% o sêr sy'n debyg i'r haul (gallai'r gwir gyfrannedd fod yn uwch o lawer). Felly, mae'n rhaid bod biliynau o all-blanedau'n bodoli yn ein galaeth ni yn unig. Mae dros fil o blanedau posibl y mae eu bodolaeth eto i'w chadarnhau trwy ymchwiliadau manylach, gan gynnwys bron i gant a all fod yn y "Parth Trigiadwy" (gweler isod).

Graff Mâs Seren (cymharol â'n Haul) yn erbyn Pellter y Blaned o'r Seren



Mae'r siart trigianoldeb (*habitability*) planedol hwn yn dangos lle y gallai bywyd fodoli ar blanedau all-solar ar sail ein cysawd haul ein hunain a bywyd ar y Ddaear. Mae'r parth trigiadwy yn cynrychioli'r pellter o'r seren lle nad yw'r tymheredd mor boeth fel bod yr holl ddŵr yn anweddu nac mor oer fel bod yr holl ddŵr yn rhewi.

Hanes y darganfod

Bu llawer o drafod a dyfalu ynghylch planedau all-solar ymhell cyn i'w bodolaeth gael ei chadarnhau yn 1992. Yn yr unfed ganrif ar bymtheg, gwnaeth yr athronydd o'r Eidal, Giordano Bruno, un o gefnogwyr cynnar damcaniaeth Copernicus bod y Ddaear a'r planedau eraill yn troi o amgylch yr Haul, gynnig y farn bod y sêr sefydlog yn debyg i'r Haul a bod ganddynt hwythau eu planedau eu hunain. Yn y ddeunawfed ganrif fe wnaeth Isaac Newton grybwyll yr un posibilrwydd yn y "Scholium Cyffredinol" sy'n diweddu ei *Principia*. Gan wneud cymhariaeth â phlanedau'r Haul, ysgrifennodd: "Ac os yw'r sêr sefydlog yng nghanol systemau tebyg, byddant i gyd wedi'u ffurfio yn ôl cynllun tebyg ac o dan reolaeth *Un*."

Ar ddechrau 1992, cyhoeddodd y seryddwyr radio Aleksander Wolszczan a Dale Frail eu bod wedi darganfod planedau o amgylch pylsar, PSR 1257+12. Cafodd y darganfyddiad hwn ei gadarnhau'n gyflym a'i ystyried yn gyffredinol fel y tro cyntaf i all-blanedau gael eu darganfod yn ddiamheuol. Credir bod y planedau pylsar hyn wedi cael eu ffurfio o weddillion anarferol yr uwchnofa a gynhyrchodd y pylsar, mewn ail gylch o ffurfio planedau, neu eu bod yn weddillion creiddiau creigiog cewri nwyol a oroesodd yr uwchnofa ac yna ddadfeilio i'w horbitau presennol.

Ar 6 Hydref 1995, cyhoeddodd Michel Mayor a Didier Queloz o Brifysgol Genefa eu bod, am y tro cyntaf, wedi darganfod yn ddiau all-blaned yn troi o amgylch un o sêr cyffredin y prif ddilyniant (51 Pegasi). Gyda'r darganfyddiad hwn yn yr Observatoire de Haute-Provence, dyma ddechrau cyfnod modern o ran darganfod all-blanedau. Mae gwelliannau technegol, yn enwedig mewn sbectrosgopeg cydraniad uchel, wedi arwain at ddarganfod llawer o all-blanedau newydd yn sydyn iawn.

Dulliau Darganfod

Mae pelydriad planedau yn wan iawn o'i gymharu â phelydriad eu mamsêr (*parent stars*). Ar donfeddi gweladwy, maent fel rheol yn llai na miliynfed disgleirdeb y famseren. Mae'n anodd dros ben darganfod ffynhonnell golau mor wan a hefyd mae'r famseren yn achosi disgleirdeb sy'n tueddu i'w guddio.

Am y rhesymau uchod, dim ond rhyw ddeg o all-blanedau y gwelwyd delwedd uniongyrchol ohonynt trwy delesgop. Dim ond planedau sy'n eithriadol o fawr (mwy o lawer nag Iau fel rheol) ac yn bell o'u mamseren sy'n gallu cael eu gweld fel hyn. Mae'r rhan fwyaf o'r planedau yr ydym wedi gweld delwedd uniongyrchol ohonynt, yn boeth iawn hefyd ac felly maent yn allyrru pelydriad isgoch dwys; yna mae'r delweddau wedi cael eu gwneud ar donfeddi isgoch yn hytrach na rhai gweladwy, er mwyn lleihau problem disgleirdeb y famseren.

Ar hyn o bryd, fodd bynnag, mae'r rhan fwyaf o'r planedau all-solar sy'n hysbys wedi cael eu darganfod trwy ddulliau anuniongyrchol. Dyma'r dulliau anuniongyrchol sydd wedi bod yn ddefnyddiol:

- **Dull cyflymder rheiddiol neu Doppler**

Wrth i blaned droi o amgylch seren, mae'r seren hefyd yn symud yn ei horbit bach ei hun o amgylch craidd màs y system. Mae'n bosibl darganfod amrywiadau yng nghyflymder rheiddiol y seren – hynny yw, ei chyflymder wrth symud tuag at neu oddi wrth y Ddaear – trwy ddadleoliadau yn llinellau sbectrol y seren oherwydd effaith Doppler. Mae'n bosibl darganfod amrywiadau bach iawn yn y cyflymder rheiddiol, mor fach â rhyw 1 ms^{-1} . Dyma'r dull mwyaf llwyddiannus o bell ffordd o ddarganfod all-blanedau. Mae ganddo'r fantais ei bod yn bosibl ei ddefnyddio gyda sêr sydd â nodweddion tra gwahanol.

Mae symudiad Doppler llinell sbectrol mewn cyfrannedd â chyflymder orbitol y seren a gallwn ddefnyddio'r hafaliad canlynol i gael gwerth bras ar gyfer cyflymder orbitol seren (v_s).

$$v_s = M_p \sqrt{\frac{G}{M_s d}}$$

$\text{oddi wrth, } \frac{M_s v_s^2}{r_s} = \frac{GM_s M_p}{d^2}$ <p style="text-align: center;"> \uparrow grym mewngyrchol = grym disgyrchiant </p>	ac	$M_s r_s = M_p d$ <p style="text-align: center;"> \uparrow brasamcan o'r hafaliad craidd màs </p>
--	----	---

Ie M_p yw màs yr all-blaned, M_s yw màs y seren a d yw'r pellter rhyngddynt (y brasamcan yw bod màs y seren yn fwy o lawer na màs y blaned). Mae'r hafaliad hwn yn egluro pam mai'r dull Doppler yw'r mwyaf sensitif i blanedau mawr sy'n agos at sêr bach.

- **Dull croesiad**

Wrth i blaned groesi o flaen disg ei mamseren, mae disgleirdeb y seren a welir yn gostwng ychydig. Mae'r graddau y mae golau'r seren yn pylu yn dibynnu ar ei harwynebedd trawstoriadol ac ar arwynebedd trawstoriadol y blaned. Er enghraifft, mae radiws y Ddaear tua 100 gwaith yn llai na radiws yr Haul ac felly wrth iddi fynd o flaen yr Haul byddai arsylwr yn gweld gostyngiad o 0.01% yn arddwysedd dangosiadol yr Haul. Dyma'r ail ddull mwyaf llwyddiannus o ddarganfod all-blanedau, er ei fod yn cynhyrchu nifer sylweddol o ganlyniadau positif anghywir (oherwydd gostyngiad bach mewn arddwysedd) ac fel arfer mae'n rhaid cadarnhau canlyniad trwy ddull arall.

- **Dull amrywiad mewn amseriad croesiad (*TTV*)**

Dyma estyniad o'r dull croesiad, lle mae'n bosibl defnyddio amrywiadau yn amser croesiad un blaned i ddarganfod un arall. Yr all-blaned bosibl gyntaf a gafodd ei darganfod fel hyn oedd all-blaned WASP-3c, gan ddefnyddio WASP-3b yn system WASP-3 gan Arsyllfa Rozhen, Arsyllfa Jena a Chanolfan Seryddiaeth Toruń. Efallai y bydd yn bosibl defnyddio'r dull newydd hwn i ddarganfod planedau maint y Ddaear neu all-leuadau.

- **Microlensio disgrychol**

Mae microlensio yn digwydd pan fydd maes disgrychiant seren yn gweithredu fel lens, gan fwyhau golau seren bell sydd yn y cefndir. Mae planedau sy'n troi o amgylch y seren sy'n lensio yn gallu achosi anomaleddau y mae'n bosibl eu darganfod yn y mwyhad wrth iddo amrywio dros amser. Dim ond ychydig o blanedau sydd wedi'u darganfod trwy'r dull hwn ond mae ganddo'r fantais o fod yn arbennig o sensitif i blanedau sy'n bell o'u mamsêr.

- **Astrometreg**

Mae astrometreg yn golygu mesur safle seren yn yr awyr yn drachywir ac arsylwi ar y newidiadau yn y safle hwnnw dros amser. Efallai y bydd modd gweld mudiant seren oherwydd dylanwad disgrychol planed. Ond oherwydd bod y mudiant hwn mor fach, nid yw'r dull hwn wedi bod yn llwyddiannus iawn eto o ran darganfod all-blanedau.

- **Amseriad pylsarau**

Mae pylsar (sef gweddill seren sy'n fach a dwys iawn ac sydd wedi ffrwydro fel uwchnofa) yn allyrru tonnau radio yn rheolaidd dros ben wrth iddo gylchdroi. Os bydd planedau yn troi o amgylch y pylsar, byddant yn achosi anomaleddau bach yn amseriad y curiadau radio sy'n cael eu harsylwi. Mae pedair planed wedi cael eu darganfod fel hyn o amgylch dau bylsar gwahanol. Dyma'r dull a gafodd ei ddefnyddio i gadarnhau darganfyddiad planed all-solar am y tro cyntaf.

- **Amseriad sêr dwbl achluddol (*eclipsing*)**

Os oes gan blaned orbit mawr sy'n ei chludo o amgylch y ddau aelod o system seren ddwbl achluddol, yna mae'n bosibl darganfod y blaned trwy wahaniaethau bach yn amseriad y sêr yn achluddo ei gilydd. Erbyn Rhagfyr 2009, roedd dwy blaned wedi'u darganfod trwy'r dull hwn.

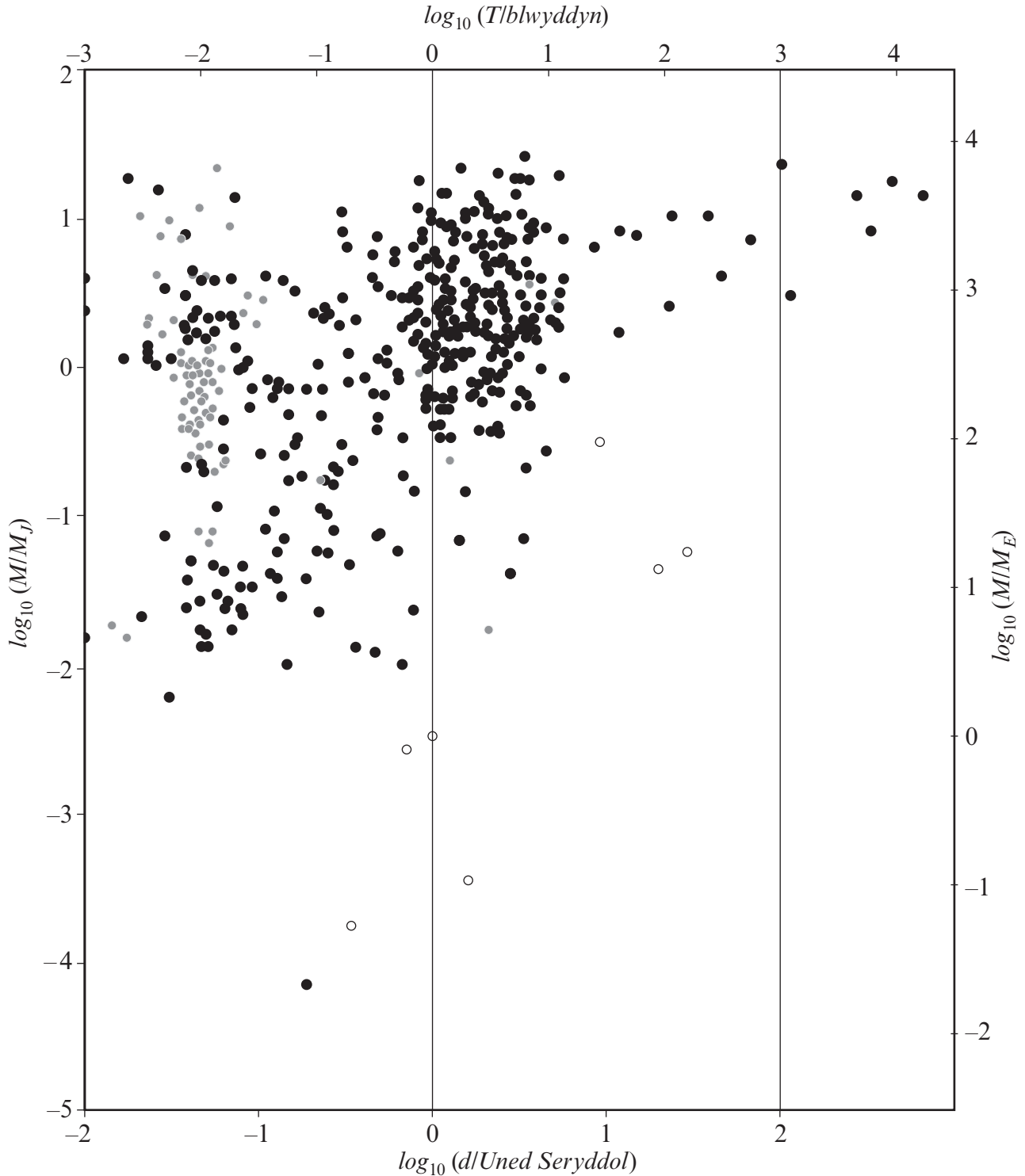
- **Disgiau Amserennol**

Mae disgiau o lwch gofodol yn amgylchynu llawer o sêr ac mae'n bosibl darganfod y llwch hwn oherwydd ei fod yn amsugno golau cyffredin sêr a'i ail-allyrru ar ffurf pelydriad isgoch. Gall nodweddion ar y disgiau awgrymu presenoldeb planedau.

Mae'r rhan fwyaf o'r planedau all-solar posibl wedi'u darganfod trwy ddefnyddio telesgopau ar y ddaear. Fodd bynnag, mae llawer o'r dulliau yn gallu gweithio'n fwy effeithiol gyda thelesgopau yn y gofod sy'n osgoi tawch (*haze*) a thyrfedd (*turbulence*) atmosfferig. *COROT* (a lansiwyd yn Rhagfyr 2006) a *Kepler* (a lansiwyd ym Mawrth 2009) yw'r ddwy loeren bwrpasol sydd wrthi ar hyn o bryd yn chwilio am blanedau all-solar. Mae telesgopau gofod *Hubble* a *MOST* hefyd wedi darganfod neu gadarnhau ychydig o blanedau. Mae nifer o brosiectau arfaethedig sydd â'r nod o edrych ar all-blanedau, fel y *New Worlds Mission*, *Darwin*, *Space Interferometry Mission*, *Terrestrial Planet Finder* a *PEGASE*.

Paramedrau orbitol

Dyma ddiagram gwasgariad sy'n dangos masau a chyfnodau orbitol planedau all-solar sydd wedi'u darganfod.



Mae gan lawer o all-blanedau orbitau â radiws bach iawn ac felly maent yn agosach o lawer at eu mamseren nag y mae unrhyw blaned yn ein cysawd haul ein hunain at yr Haul. Roedd y “planedau poeth maint Iau” hyn yn achos syndod mawr i seryddwyr ar y dechrau, ond mae’n glir 17 erbyn hyn bod gan y rhan fwyaf o all-blanedau (neu o leiaf y rhan fwyaf o’r all-blanedau sydd â màs mawr) orbitau mwy o lawer ac mae rhai wedi’u lleoli mewn parthau trigiadwy – sy’n addas i gynnal dŵr hylifol a bywyd.

Dosbarthiad màs

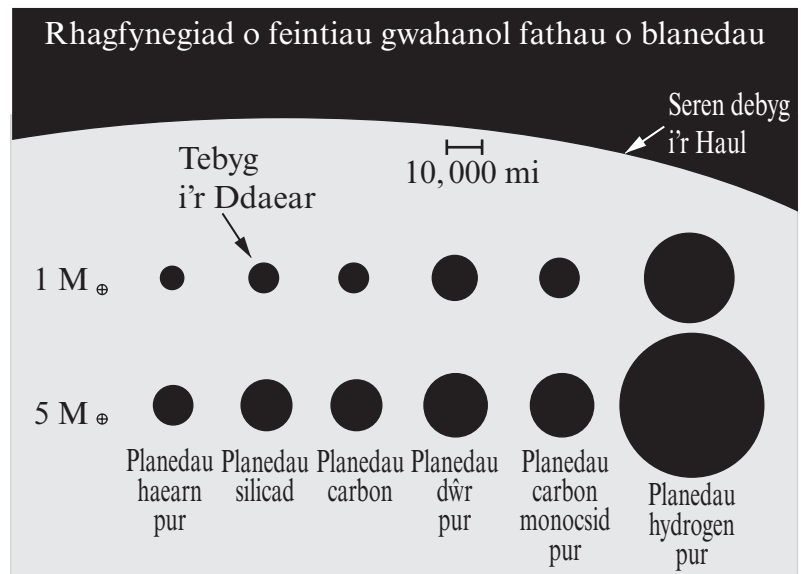
Mae masau mawr gan y mwyafrif llethol o all-blanedau sydd wedi'u darganfod hyd yn hyn. Mae llawer ohonynt yn fwy masfawr o lawer nag Iau, y blaned fwyaf masfawr yng Nghysawd yr Haul. Fodd bynnag, y rheswm dros y masau mawr hyn, i raddau helaeth, yw'r ffordd y maent yn cael eu darganfod: mae'r holl ddulliau canfod yn fwy tebygol o lawer o ddarganfod planedau masfawr. Mae'r duedd hon yn gwneud dadansoddiad ystadegol yn anodd ond mae'n ymddangos bod planedau â màs llai yn fwy cyffredin, mewn gwirionedd, na rhai sydd â màs mawr, o leiaf o fewn amrediad masau eang sy'n cynnwys yr holl blanedau cawr. Hefyd, mae'r ffaith bod seryddwyr wedi darganfod nifer o blanedau nad ydynt ond ychydig o weithiau yn fwy masfawr na'r Ddaear, er mor anodd oedd eu darganfod, yn dangos bod planedau o'r fath yn eithaf cyffredin.

Mae'r canlyniadau o 43 diwrnod cyntaf prosiect *Kepler* "yn awgrymu bod planedau posibl bach sydd â chyfnodau llai na 30 diwrnod yn fwy cyffredin o lawer na phlanedau posibl mawr sydd â chyfnodau llai na 30 diwrnod a bod y darganfyddiadau sy'n cael eu gwneud ar y ddaear yn samplu ôl y dosbarthiad meintiau sy'n cynnwys y planedau mawr."

Tymheredd a chyfansoddiad

Mae'n bosibl amcangyfrif tymheredd all-blaned ar sail arddwysedd y golau y mae'n ei dderbyn gan ei mamseren. Er enghraifft, gallwn amcangyfrif bod tymheredd arwyneb y blaned OGLE-2005-BLG-390Lb tua -220°C (tua 50 K). Fodd bynnag, mae'n bosibl bod amcangyfrifon o'r fath yn anghywir iawn oherwydd bod ffactorau fel yr effaith tŷ gwydr yn gallu cymhlethu'r sefyllfa mewn ffordd nad yw'n hysbys. Mae seryddwyr wedi mesur tymheredd sawl planed trwy arsylwi ar yr amrywiad mewn pelydriad isgoch wrth i'r blaned droi o amgylch mewn orbit a chael ei hachluddo gan ei mamseren. Er enghraifft, mae gan blaned HD 189733b dymheredd cyfartalog o 1205 ± 9 K ($932 \pm 9^{\circ}\text{C}$) ar ei hochr dydd a 973 ± 33 K ($700 \pm 33^{\circ}\text{C}$) ar ei hochr nos.

Os yw'n bosibl darganfod planed trwy'r dull cyflymder rheiddiol a'r dull croesiad, yna mae'n bosibl cyfrifo ei gwir fâs a'i radiws. Yna mae'n bosibl cyfrifo dwysedd y blaned. Rydym yn casglu bod planedau sydd â dwysedd isel yn cynnwys hydrogen a heliwm yn bennaf a bod planedau sydd â dwysedd canolig yn cynnwys swm sylweddol o ddŵr. Rydym yn credu bod planed sydd â dwysedd uchel yn greigiog, fel y Ddaear a phlanedau daearol eraill Cysawd yr Haul.



Cwestiynau sydd heb eu hateb

Mae llawer o gwestiynau yn aros heb eu hateb ynghylch priodweddau all-blanedau. Un dirgelwch yw bod llawer o all-blanedau croesiad yn fwy o lawer na'r disgwyl, o ystyried eu màs, sy'n golygu bod eu dwysedd yn rhyfeddol o isel. Mae sawl damcaniaeth wedi'i chynnig i egluro'r arsylw hwn ond nid yw'r un ohonynt wedi'i derbyn gan lawer o seryddwyr. Cwestiwn arall yw pa mor debygol yw hi bod gan all-blaned leuadau. Nid oes lleuadau o'r fath wedi cael eu darganfod eto, ond mae'n bosibl eu bod yn eithaf cyffredin.

Efallai mai'r cwestiwn mwyaf diddorol ynghylch all-blanedau yw a allent gynnal bywyd. Mae gan nifer o blanedau orbit ym mharth trigiadwy eu mamseren, lle dylai fod yn bosibl i ddŵr hylifol fodoli mewn amodau tebyg i'r Ddaear. Mae'r rhan fwyaf o'r planedau hyn yn blanedau cawr sy'n fwy tebyg i Iau na'r Ddaear; os oes gan rai ohonynt leuadau mawr, efallai bod bywyd yn fwy tebygol o fodoli ar y lleuadau. Cafodd Gliese 581g ei darganfod ym Medi 2010 ac mae seryddwyr yn credu ei bod yn blaned greigiog sy'n troi mewn orbit yng nghanol parth trigiadwy ei seren. Os bydd hyn yn cael ei gadarnhau, efallai mai hon fydd y blaned fwyaf tebyg i'r Ddaear sydd wedi cael ei darganfod hyd yn hyn.

Mae seryddwyr wedi gwneud nifer o amcangyfrifon ynghylch faint o blanedau a allai gynnal bywyd syml neu hyd yn oed bywyd deallus. Er enghraifft, mae Dr Alan Boss o Sefydliad Gwyddorau Carnegie yn amcangyfrif y gallai fod “can biliwn” o blanedau daearol yn ein galaeth, y Llwybr Llaethog, a llawer ohonynt yn cynnal ffurfiau syml ar fywyd. Mae hefyd yn credu y gallai fod miloedd o wareiddiadau yn ein galaeth. Mae gwaith diweddar gan Duncan Forgan ym 24 Mhrifysgol Caeredin hefyd wedi ceisio amcangyfrif nifer y gwareiddiadau deallus yn ein galaeth. Roedd yr ymchwiler yn awgrymu y gallai fod miloedd ohonynt. Oni bai fod gwareiddiad y tu hwnt i'r ddaear yn allyrru signalau pwerus, mae darganfod bywyd mor bell i ffwrdd â'r sêr yn dasg dechnegol sy'n cynnig her enfawr ac ni fydd yn bosibl gwneud hyn am flynyddoedd lawer, hyd yn oed os oes bywyd o'r fath yn bodoli.

Ffynonellau:

tudalen 5 - http://en.wikipedia.org/wiki/File:Exoplanet_Period-Mass_Scatter.png

tudalen 6 - http://en.wikipedia.org/wiki/File:Planet_sizes.svg