

ADRAN B

Atebwch **bob** cwestiwn.

Darllenwch yr erthygl ganlynol yn ofalus.

Laserau yn y Gofod

Paragraff

Roedd damcaniaeth allyriad ysgogol Einstein, a gafodd ei chyhoeddi yn 1916, yn gosod y sail ar gyfer laserau, ond cymerodd 44 blynedd arall cyn i fodau dynol (*humans*) gynhyrchu'r laser rhuddem llwyddiannus cyntaf. Ond, saith mlynedd cyn hynny cafodd maser ei gynhyrchu. Mae hwn yn debyg i laser ond mae'n defnyddio microdonnau yn lle golau – mwyhau microdonnau drwy gyfrwng allyriad ysgogol pelydriad (*microwave amplification by stimulated emission of radiation*).

1

Fel mae'n digwydd bod, mae maserau'n haws eu hadeiladu na laserau oherwydd bod hyd oes (*lifetime*) lefelau egni metasefydlog yn tueddu i fod mewn cyfrannedd ag $\frac{1}{\text{amledd pelydriad}}$.

2

Mae dyfeisgarwch (*ingenuity*) bodau dynol yn aml yn rhyfeddol wrth i ni ddefnyddio dyfeisiau cymhleth fel laserau a maserau mewn dyfeisiau fel chwaraewyr DVD a chlociau atomig. Ond, mae natur ei hun ychydig yn fwy diymhongar (*modest*) – mae maserau naturiol wedi cael eu cynhyrchu ers biliynau o flynyddoedd yn atmosffer sêr, comedau, ardaloedd ffurfio sêr, gweddillion (*remnants*) uwchnofâu a hyd yn oed dyllau du masfawr iawn (*super massive*). A drwy hyn i gyd, mae'r Bydysawd wedi cadw'n dawel am ei lwyddiannau technolegol.

3

Yn sylfaenol, dyma beth sy'n digwydd mewn maserau sêr – mae golau a ffrwydradau o sêr yn cynhyrfu ardaloedd nwyol cyfagos. Yn y nwyon cyfagos hyn, mae golau a gwrthdrawiadau'n arwain at lefelau egni uchel sy'n cael eu poblogi (*populated*) gan electronau. Bydd rhai o'r lefelau egni uwch hyn yn fetasefydlog, a bydd ardal mwyhau (*amplifying region*) maser yn cael ei chreu. Fel mewn unrhyw laser, rhaid i'r broses ddechrau ag allyriad digymell (*spontaneous*) yn saethu i'r cyfeiriad cywir ar ddamwain. Ond wedi hynny, mae allyriad ysgogol yn cymryd drosodd ac mae'r paladr (*beam*) maser yn dechrau tuag at anfeidredd (*infinity*). Mae dweud anfeidredd yn ychydig bach o or-ddweud ond mae'n swinio'n dda. Mewn gwirionedd mae arddwysedd y paladr maser yn cynyddu'n gyflym ac mae'r paladr yn lledaenu ar fuanedd golau fel mae pelydriad e-m yn tueddu i'w wneud.

4



Diagram 1

I fod yn deg â bodau dynol, mae un agwedd ar ddyluniad laser nad yw natur wedi llwyddo i'w chynhyrchu ar ei phen ei hun, sef ceudod cyseinio (*resonant cavity*) laser. Mae mynd nifer o weithiau drwy gyfrwng mwyhau laser yn gwella ansawdd gweithredu'r laser yn aruthrol. Mae bodau dynol yn cyflawni hyn drwy ddefnyddio dau ddrych, ond hyd yn hyn mae'n ymddangos nad yw'r datblygiad technolegol hwn i'w weld mewn ardaloedd nwyol o gwmpas sêr.

5

Er nad yw'n ymddangos bod gan y maserau naturiol hyn geudod cyseinio, mae'n ymddangos eu bod nhw'n paladru (*beaming*) yn dda iawn. Mae gwahaniaethau bach ar draws siâp afreolaidd disg cwmwl y maser yn arwain at wahaniaethau enfawr mewn arddwysedd (*intensity*) oherwydd cynnydd esbonyddol (*exponential gain*). Bydd y cyfeiriadau yn y ddisg nwy sydd â hyd gwrthdroad poblogaeth (*population inversion*) hirach yn ymddangos yn llawer mwy disglair (oherwydd mae cynyddu mwyhad y maser yn arwain at gynnydd esbonyddol). Bydd y rhan fwyaf o'r pelydriad yn dod allan ar hyd y llinell hiraf hon mewn "paladr"; *paladru* yw'r term am hyn. Dim cystal â cheudod laser mewn labordy ond trawiadol iawn am yr hyn sy'n edrych fel cwmwl nwy afreolaidd.

6

Megamaserau yw'r term sy'n cael ei ddefnyddio am y maserau dŵr yn y cwmwl nwy o gwmpas tyllau du.

7

Yng nghanol y rhan fwyaf o alaethau mawr sy'n cynnwys niwclews a gwrym (*bulge*), mae twll du masfawr iawn. Pan mae'r twll du wrthi'n cronni mater, mae'n rhyddhau swm aruthrol o egni, ac rydyn ni'n dweud bod gan yr alaeth niwclews actif. Mae moleciwlau'n cael eu taro (*buffered*) gan lwch wrth i fater lifo i mewn i'r twll du, ac yn gallu goroesi yno a chael egni (*energized*) drwy wrthdaro â moleciwlau eraill a gronynnau llwch. Mae moleciwlau dŵr yn gyffredin yn yr amgylchedd hwn, ac maen nhw'n gallu allyrru pelydriad maser. Mae maser dŵr yn gallu disgleirio (*shine*) paladr o ficrodonnau ar amledd penodol iawn, 22.235 GHz, sy'n cyfateb i ficrodonnau â thonfedd o tua 1 cm. Y prif reswm pam rydyn ni wedi astudio megamaserau yn fanwl yw eu bod nhw'n offer rhagorol i'n helpu ni i ddeall yr amgylchedd o gwmpas tyllau du. Mae newidiadau bach i'r amledd maser sy'n cael ei ganfod, oherwydd yr effaith Doppler, yn golygu y gallwn ni ganfod cyflymder llinell welediad (*line-of-sight*) cymylau maser yn fanwl gywir. Mae hyn i gyd yn golygu y gallwn ni fesur mäs tyllau du 20 gwaith yn fwy manwl gywir.

8

Un arall o brif amcanion gwyddoniaeth y gallwn ni ei gyflawni drwy astudio megamaserau dŵr yw mesur pellteroedd at alaethau. Mae mesur pellteroedd yn broblem arbennig o anodd ym maes seryddiaeth, ac yn un o'r pwysicaf. Drwy ddadansoddi dymameg fewnol systemau maser dŵr, gallwn ni fesur cyflymder cylchdroi, v , cymylau maser mewn orbit o gwmpas y twll du o ddadleoliad (symudiad) Doppler llinellau'r maser. Gallwn ni hefyd fesur cyflymiad mewngyrchol, a , cymylau maser drwy arsylwi sut mae cyflymder y dadleoliad Doppler yn newid dros amser. Gan ddefnyddio'r berthynas syml ar gyfer cyflymiad mewngyrchol:

9

$$a = \frac{v^2}{r}$$

gallwn ni yna gyfrifo radiws y 'ddisg' nwy (gweler isod) sydd mewn orbit o gwmpas y twll du.

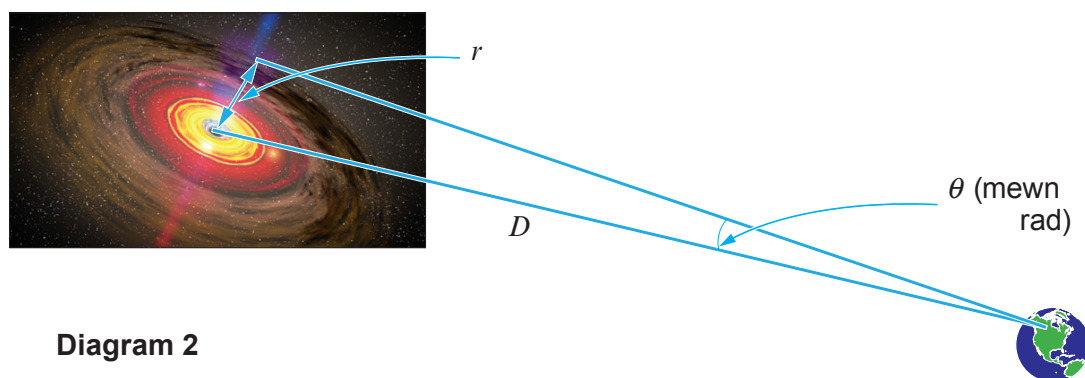


Diagram 2

Gallwn ni hefyd fesur maint onglaid (θ) y ddisg nwy (mewn radianau). O wybod maint onglaid (θ) a radiws, r , y ddisg nwy, gallwn ni gael y pellter, D drwy dybio bod yr ongl (θ) yn fach. Mae hwn yn ddull rhyfeddol o syml ac mae'n rhoi canlyniadau dibynadwy sydd ddim yn dibynnu ar ddamcaniaethau (*theories*) dadleuol neu rai sydd heb eu profi. Yn wir, mae'r canlyniadau rydyn ni wedi eu cael hyd yn hyn o gwpl o alaethau addas sydd â megamaserau yn arwain at gysonyn Hubble o $(68.9 \pm 7.1) \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

10