

Llyfr Newydd

Dr. Gwilym Owen

*Rhyfeddodau'r  
Cread*

Mater—Beth Ydyw?

Yr Atom a'r Electron.

Geni'r Haul a'r Ddaear.

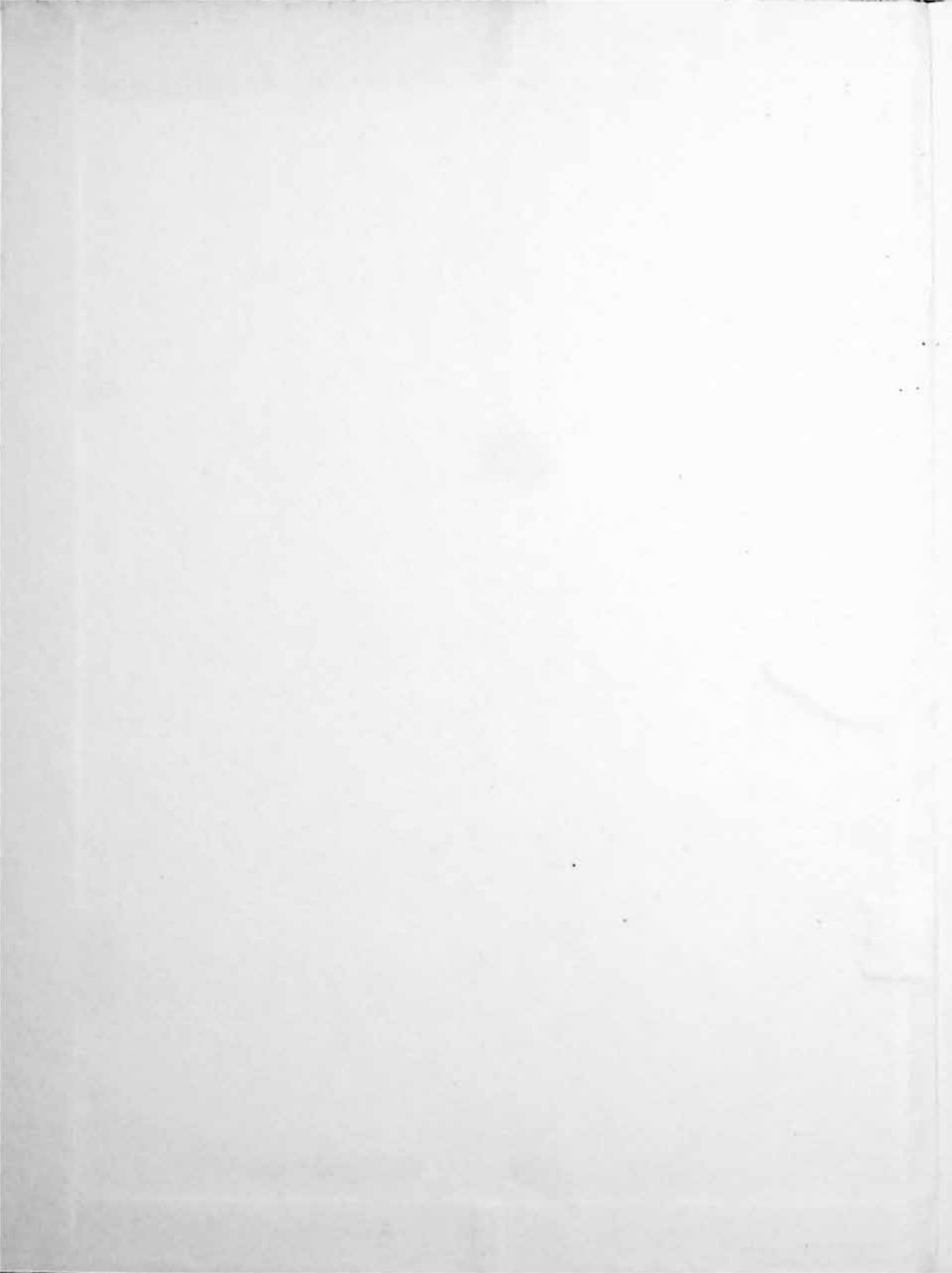
Sŵn a Sain.

Gwyddoniaeth a Chrefydd.

2/6

RHYFEDDODAU'R  
CREAD

GWILYM OWEN



Blodwen Howell  
Awt 1934

---



*Arsyllfa Prague, Tsecho-Slovakia.*

Dengys y darlun hwn dri pheth o ddi-ddordeb :

- (1) Y nifwl mawreddog yn Andromeda yn y pellter o 5,300,000,000,000,000 o filltiroedd.
- (2) Lluosogrwydd y sêr. Pob un ohonynt yn haul mawr disglair.
- (3) Llwybr awyrdan (*meteor*) a ddigwyddodd ffachio drwy'r awyr yn y pellter oddeutu 50 milltir tra oedd y nifwl yn cael "tynnu ei lun."

RHYFEDDODAU'R  
CREAD

G A N

GWILYM OWEN, M.A., D.Sc.  
ATHRO MEWN ANIANEG  
COLEG PRIFYSGOL CYMRU  
ABERYSTWYTH

WRECSAM  
HUGHES A'I FAB  
CYHOEDDWYR  
MCMXXXIII

ARGRAFFWYD YNG NGHYMRU

*I Goffadwriaeth*  
*fy*  
*Annwyl Dad*





## R H A G A I R

**N**I allaf lai na theimlo bod teitl y llyfr hwn yn llawer mwy uchelgeisiol nag a deilynga ei gynnwys. Y mae'r teitl mor gynhwysfawr tra nad yw'r llyfr yn ymwneud ond ag agweddau arbennig ar y testun. Nid oes dim ynddo am ryfeddodau bywyd, y meddwl a'r teimladau, gan fod y pethau hyn y tu allan i gylch fy astudiaeth fanwl i.

Ond fe ddelia rhan helaeth o'r llyfr â materion sydd yn tynnu sylw mawr y dyddiau hyn. Ceir digon o lyfrau rhagorol ar faterion cyffelyb yn yr iaith Saesneg, megis llyfrau Jeans, Eddington, Lodge ac eraill. Ond ychydig iawn sydd wedi ei ysgrifennu ar faterion gwyddonol yn yr iaith Gymraeg. Gwneuthum ymdrech yn y cyfeiriad hwn rai blynyddoedd yn ôl mewn dau lyfr bychan.\* Ond yn y cyfamser gwnaethpwyd darganfyddiadau pwysig iawn mewn llawer cyfeiriad, ac yn arbennig ym myd *Mater* ac ym myd y *Sêr*. Effeithia'r darganfyddiadau hyn yn fawr ar ein syniadau am y Greadigaeth, ac fe wneir ymdrech yn y llyfr bychan hwn i roi braslun, mewn iaith seml, o'r syniadau newyddion a diddorol hyn. Credaf y bydd yr ysgrifau yn eithaf dealladwy i rai heb ganddynt ddim gwybod-aeth wyddonol yn flaenorol.

Yn yr ail ran o'r llyfr traethir ar *Sŵn a Sain*, yr egwyddorion gwyddonol hynny sydd wrth wraidd Celfyddyd Cerddoriaeth.

\*Athroniaeth Pethau Cyffredin (1907). Cwrr y Llen (1914).

Gwêl hefyd "Seryddiaeth a Seryddwyr" gan J. Silas Evans (1923), ac "Y Bydoedd Uwchben" gan Caradoc Mills.

## R H A G A I R

Yn y bennod olaf ymdrinir â chwestiwn a fu ar un adeg yn un "llosgawl"—*Gwyddoniaeth a Chrefydd*. Ceisir dangos yno ddylanwad gwyddoniaeth ar ddiwinyddiaeth.

Ceir bod peth ailadrodd mewn rhai manau yn y llyfr. Fe ddigwydd hyn oherwydd i rai o'r ysgrifau ymddangos eisoes mewn gwahanol gylchgronau Cymraeg—*Yr Efrwydd, Y Traethodydd* a'r *Cerddor Newydd*. Nid anfantais efallai i'r darllynydd yw peth ailadrodd, yn enwedig os yw'r pethau y traethir arnynt ychydig yn newydd a dieithr.

Dymunaf ddiolch i gyhoeddwr y cylchgronau uchod am ganiatâd i ddefnyddio'r ysgrifau. Hefyd i Syr James Jeans a Gwasg Prifysgol Caergrawnt am ganiatâd i wneud blociau o'r darluniau, ac i arolygydd Arsyllfa Prague, Tsecho-Slovia, am yr wyneb-ddarlun.

Pleser hefyd yw datgan fy niolchgarwch puraf i'm cyfeillion yr Athro T. H. Parry-Williams a Mr. Dan R. Jones, M.A., y naill am ddarllen a chywiro'r profenni, a'r llall am ei awgrymiadau gwerthfawr gyda golwg ar ddiwyg y llyfr. Diolchaf yn gynnes hefyd i Mr. J. T. Jones, o gwmni Mri. Hughes a'i Fab, Wrecsam, am ei help a'i hynawsedd tra oedd y llyfr yn y wasg.

GWILYM OWEN.

COLEG PRIFYSGOL CYMRU,  
ABERYSTWYTH.

*Rhagfyr, 1932.*

# CYNNWYS

PENNOD

TUD.

## RHAN I.

I.	Y MAWR A'R BACH YN Y GREADIGAETH .	13
	I. Y Mawr.	
II.	Y MAWR A'R BACH YN Y GREADIGAETH .	19
	II. Y Bach.	
III.	DATBLYGIAD YM MYD Y SER . . . .	27
	I. Geni'r Haul a'r Ddaear.	
IV.	DATBLYGIAD YM MYD Y SER . . . .	35
	II. Geni'r Lleuad.	
V.	MATER—BETH YDYW ? . . . .	40
	I. Yr Atom.	
VI.	MATER—BETH YDYW ? . . . .	46
	II. Yr Electron a'r Proton.	
VII.	MATER—BETH YDYW ? . . . .	50
	III. Radium a'i Wersi.	

## RHAN II.

### ATHRONIAETH SŴN A SAIN.

VIII.	NATUR SŴN . . . . .	59
IX.	TROSLWYDDIAD SŴN . . . . .	63
X.	NATUR SAIN . . . . .	66
XI.	Y RADDFA GERDDOROL . . . . .	71
XII.	CYD-YSGOGIAD . . . . .	77
XIII.	"LLIW" SAIN . . . . .	83

## RHAN III.

XIV.	GWYDDONIAETH A CHREFYDD . . . .	91
------	---------------------------------	----



R H A N I

Y MAWR A'R BACH · YN Y  
GREADIGAETH



PENNOD I

Y MAWR A'R BACH YN Y  
GREADIGAETH

I. *Y Mawr*

YN ystod y pum mlynedd ar hugain diwethaf, y mae'n gwybodaeth wedi cynyddu'n ddirfawr mewn dau gyfeiriad cyferbyn. Ar un llaw, y mae seryddwyr, trwy eu dyfeisiau cywrain i blymio i ddyfn-deroedd y ffurfafen, wedi ennill profion newydd o *fawredd* annirnad y Greadigaeth; ac ar y llaw arall, y mae gwyddonwyr, trwy eu hymchwil ynglŷn â chyfan-soddiad yr atomau, wedi profi bod gronynau (sef electronau) annisgrifiadwy o *fychan*—miloedd o weithiau'n llai na'r atom lleiaf.

Bwriadaf yn y bennod hon sôn yn unig am y *Mawr*, a cheisio dywedyd ychydig ar y syniadau diweddaraf am ehangder a maint byd y sêr.

Y mae Dyn (am a wyddom ni) yn gyfyngedig i'r ddaear hon, un o naw planed yn troi o amgylch seren fechan—yr Haul. Ond ni ddywedaf ddim yn y bennod hon am beth mor lleol â'r teulu bach hwn—Cysawd yr Haul. Afresymol fyddai sôn am John Jones a'i deulu pan fôm yn ymdrin â dynoliaeth yn gyffredinol. Yr un mor afresymol fyddai sôn am yr Haul a'i deulu a'r cyfanfyd yn destun ein hymddiddan ar hyn o bryd.

Tybiwn, gan hynny, fod y darlennydd allan yn yr awyr agored ar noson glir, serenog, ddileuad. Fe



wêl sêr i'r gogledd, sêr i'r de, sêr uwch ei ben ac ym mhob cyfeiriad. Ac nid yw i'w feio os cred eu bod yn aneirif. Yn wir, dyna yw'r syniad cyffredin. Ond camgymeriad ydyw. Ni ellir gweld â'r llygad noeth ond tua 4,000 o sêr fel pwyntiau golau ar wahân. Wedi'r cyfan, bychan yw cannwyll y llygad, ac felly ychydig o oleuni a â i mewn iddi. Ond os delir mwy o oleuni'r seren drwy ddefnyddio telesgôp bychan, yna fe welir, yn rhwydd, gan mil o sêr. Gyda'r telesgôp cryfaf fe welir can miliwn, a thrwy gyfrwng y telesgôp a ffotograffiaeth fe argreffir ar y plât oddeutu dwy fil o filiynau. Cofier bod pob un o'r pwyntiau golau hyn yn golygu corff tanllyd, eiriasboeth, y mwyafrif ohonynt filoedd o weithiau'n fwy eu maint a'u tanbeidrwydd na'n haul ni. (*Gwêl yr wyneb-ddarlun*).

Ond camgymeriad fyddai meddwl bod y greadigaeth yn gyfyngedig i'r hyn y gellir ei *weled* trwy gyfrwng y telesgôp. Oblegid y mae'n fwy na thebyg bod llawer o'r sêr yn llywodraethu ar deuluoedd eraill—planedau a chomedau—na ellir eu gweled o gwbl. Hefyd, beth am yr heuliau sydd wedi oeri a marw? Y mae lle i gredu bod nifer y rhai hyn yn llawn cymaint (a dywedyd y lleiaf) â'r cyrff golau. Felly dywed un awdur—camgymeriad dybryd fyddai amcangyfrif pa faint o bedolau ceffyl sydd ar y ddaear yma oddi wrth y nifer sydd yn digwydd bod yn eiriasboeth ar ryw adeg neilltuol. Felly hefyd gyda rhif y sêr.

Fe gyfyd y cwestiwn yn naturiol, gan hynny—beth yw rhif y sêr? A yw'r cyrff wybrennol yn anfeidrol ac annherfynol eu rhif? Fe ddywedwyd uchod fod oddeutu dwy fil o filiynau o sêr yn eu hargraffu eu

hunain ar y plât, a chyfrifir gan Syr Arthur Eddington nad yw hyn ond un rhan o dair miliwn o'r holl heuliau yn y greadigaeth. Beth yw ystyr rhoi i lawr mewn du a gwyn ffigur o'r fath? A yw hyn yn golygu bod *terfynau* i'r bydysawd? Ai ynteu awgrymu y mae fod terfyn i allu'n dyfeisiau a'n hofferynnau ni? Dyma gwestiwn anodd ei ateb. Fe fernir gan rai gwyddonwyr nad yw'r cyfanfyd adnabyddus yn ddiderfyn, nad yw rhif y sêr yn wir anfeidrol, a bod ein hofferynnau yn medru tremio bron i gyrrau eithaf y greadigaeth, ond ni ellir ateb y cwestiwn hwn ar hyn o bryd.

### *Maint y Cyfanfyd*

Trown yn awr at agwedd arall i'r testun. Gofynnwn a ellir dywedyd, gyda rhyw gymaint o sicrwydd, beth yw maint y cyfanfyd, neu mewn geiriau eraill, pa mor bell oddi wrthym yw cyrrau eithaf cysawd y sêr? Fe wŷr pawb fod pellter y sêr mor arswydus fel y caiff y meddwl dynol gryn anhawster i'w amgyffred, os gall o gwbl. Nid yw o un pwrpas inni geisio disgrifio'r pellteroedd hyn mewn *milltiroedd*. Byddai'r rhes ffigurau'n afresymol o hir ac yn berffaith ddiystyr. Mi sylwais yn yr Almaen fod y pellter o un pentref i'r llall yn cael ei sgrifennu ar y mynecbost, nid mewn milltiroedd, ond mewn munudau neu oriau. Golyga hyn yr amser a gymerir i gerdded rhwng y ddau le. Cynllun cyffelyb a ddefnyddir gan seryddwyr i ddisgrifio pellteroedd yr wybren. Ond yma, nid dyn gyda'i gerdded araf yw'r trafaeliwr, ond *goleuni*—y negesydd cyflymaf mewn bod. Fe wŷr pawb fod goleuni'n

gwibio 186,000 o filltiroedd (seithwaith o amgylch y ddaear) mewn *un eiliad*, ac felly mewn blwyddyn fe gyflawna'r daith aruthrol o chwe miliwn o filiynau (6,000,000,000,000) o filltiroedd. A dyna yw'r "llathen-fesur" a ddefnyddir gan seryddwyr— "blwyddyn oleuni" (*light-year*).

Awn yn ôl at y cwestiwn—beth yw pellter y sêr? Y maent yn gwahaniaethu'n ddirfawr yn eu pellter. Y seren nesaf atom, wrth gwrs, yw'r Haul, 93 miliwn o filltiroedd oddi wrthym. Cyflawna goleuni y daith faith hon mewn wyth munud. Ond ac eithrio'r Haul, y seren nesaf yw *Proxima Centauri*. Ei phellter hi yw pedair blwyddyn oleuni. Yna ceir y seren fwyaf disglair *Sirius* (seren y Ci), naw mlynedd oddi wrthym. Ond wedi'r cyfan cymharol agos yw'r rhain. Y mae sêr yr *Arth Fawr* bedwar ugain mlynedd oddi wrthym, clwstwr *Trw Tewdws* (*Pleiades*) dri chant a hanner, y cytser gogoneddus *Orion* chwe chan mlynedd. Arhosed y darllenydd am foment yn ystyriol uwchben y ffigurau hyn. Y mae'n wir na all amgyffred yr eangderau mewn milltiroedd, ond gall sylweddoli pan fo'n edmygu gogoniant *Orion* fod ei oleuni wedi cychwyn ar ei daith hirfaith 600 mlynedd yn ôl, ac nad yw gan hynny yn gweled y cytser ardderchog hwn yn ei gyflwr a'i ffurf *bresennol*, ond fel yr oedd ganrifoedd yn ôl—tuag adeg geni Tywysog cyntaf Cymru. Ond beth wyf yn sôn? Cymdogion agos i ni yw'r rhain. Y mae profion cryf fod rhai o'r sêr-glystyrau 20,000, ie, 200,000 o "flynyddoedd-goleuni" oddi wrthym. Yn sicr, ni ellir meddwl yn ystyriol uwchben y ffeithiau hyn heb gael ein gorchfygu gan wylder a pharchedig ofn.





*Arsyllfu Mount Wilson.*

### Y Nifwl M 81 yn yr Arth Fawr.

Dyma un o'r gwrthrychau godidocaf yn y ffurfafen. Lle geni teulu o filiynau o sêr. Fe gymer ei oleuni 1,600,000 o flynyddoedd i'n cyrraedd. Sylwer ar ei ffurf droellog. Dengys hyn ei fod yn troi fel olwyn ar ei echel.

Cwestiwn arall o ddiddordeb mawr yw hwn: A oes siâp neu ffurf arbennig i'r cyfanfyd? Ac os oes, beth yw? Ai crwn, fflat, ai beth?

Gwahoddwn y darllenydd unwaith eto i edrych i fyny i'r wybren ar noson glir. Pa beth a wêl? Fe wêl sêr yn disgleirio yma ac acw *ym mhob cyfeiriad*, ac felly gallesid tybio ar yr olwg gyntaf fod y cyfanfyd yn *grwn*. Ond rhaid aros am foment. Beth yw'r Llwybr Llaethog—y rhuban golau a welir yn croesi'r ffurfafen gan amgylchu ein daear fel gwregys o oleuni? Pan gymerir ffotograff o'r rhan hon o'r wybren, ymddengys y plât fel pe wedi ei orchuddio gan nifer dirifedi o sêr, mor agos at ei gilydd fel mai prin y gellir rhoi blaen pin rhyngddynt. Nid yw'r un peth yn wir wrth droi'r telesgôp at ran o'r wybren y naill ochr i'r Llwybr Llaethog. Cymharol brin ac anamlydynt yno. Dengys hyn yn glir fod y mwyafrif mawr o'r bydoedd uwchben wedi eu crynhoi at ei gilydd ar ffurf disg neu blât enfawr. Bernir bod ei drawsfesur o un ymyl i'r llall yn 500,000 o flynyddoedd-goleuni, tra nad yw ei drwch ond tua 5,000. Y mae lle i gredu hefyd nad yw'r Haul (ac felly y Ddaear) ymhell o ganol trwch y disg. *Yng nghyfeiriad ymylon y disg* felly y gwelir mwyafrif y sêr. Dyna sy'n cyfrif am ymddangosiad y *Llwybr Llaethog*. Y mae'n sicr fod y disg mawr hwn yn troi yn gyflym ar ei echel fel olwyn, ac, yn wir, mai oherwydd ei chwyrnelliad cyflym y cymerodd y cwbl y ffurf arbennig a nodwyd.

Nid dychmygion rhyfygus a diwerth yw'r gosodiadau uchod. Y mae cryn sail iddynt, oblegid fe ddengys y telesgôp nifer mawr (miliynau) o wrthrychau

yn y ffurfafen—y nifylau troellog (*spiral nebulae*) sy'n cyfateb yn hollol i'r darlun uchod o'r Llwybr Llaethog. [Gwél darlun I.] Y mae iddynt ffurf disg. Y mae eu maintioli'n aruthrol, eu pellter yn anfesurol, ac y maent yn troi yn gyflym ar eu hechel. Am y rheswm hwn cred llawer o seryddwyr o fri mai nifwl troellog oedd y Llwybr Llaethog ar un adeg a'r sêr y gwyddom amdanynt, ac na pherthyn y nifylau troellog eraill o gwbl i'n "cyfanfyd ni," yn hytrach "ynysgreadigaethau" ydynt, ynghrog yma ac acw yn y gwagle, bellteroedd anfesurol ar wahân oddi wrth ein "cyfanfyd lleol," ac yn cynnwys miloedd o filiynau o heuliau, neu ddigon o fater i gynhyrchu'r heuliau hyn yn ystod treigliad oesau i ddod. Ceir ymdriniaeth bellach ar y cwestiwn hwn yn y bennod ar "Ddatblygiad ym myd y Sêr."

PENNOD II

Y MAWR A'R BACH YN Y  
GREADIGAETH

II. *Y Bach*

YN y bennod o'r blaen, ein testun oedd *Mawredd* y Greadigaeth. Buom yn trafod nifer y sêr a'u pellter oddi wrthym. Y mae gwrthrychau yn ein ffurfafen mor bell oddi wrthym ac i'w gweld yn disgleirio, nid fel y maent ar hyn o bryd, ond fel yr oeddynt ugain mil—ie, ddau can mil—o flynyddoedd yn ôl. Goleuni, y gennad gyflymaf, sydd yn eu datguddio inni. Mewn gair, nid oes terfyn i'r Greadigaeth. Y mae'n anfesurrol ac yn anfeidrol FAWR.

Yn y bennod hon trown ein golygon i'r cyfeiriad arall—i gyfeiriad Y BACH—byd yr atom a'r electron a'r proton, y byd hwnnw y bu'r darganfyddiadau pwysicaf ynddo yn ystod y blynyddoedd diwethaf. Yn anffodus, y mae'r un mor anodd meddwl ac amgyffred bychander byd yr atom ag yw sylweddoli mawredd byd y sêr. Ffordd i leihau'r anhawster yw defnyddio eglurebau syml.

*Byd y Microsgôp*

Mesur y gwrthrych lleiaf a welir â'r llygad noeth tuag un rhan o 250 o fodfedd. Gall microsgôp da chwyddo gwrthrych 200 o weithiau, ac felly gellir gweled gwrthrych sydd cyn lleied ag un rhan o 50,000



o fodfedd. Eto, fe wŷr pawb fod yn y gwaed dynol nifer mawr o fân roynnau a elwir *corpuscles*, a bod bywyd ac iechyd dyn yn dibynnu yn uniongyrchol ar eu nifer a'u cyflwr. Mesura'r *corpuscles* un rhan o 3,000 o fodfedd. Gwelir hwy yn rhwydd gyda'r microsgôp. Y mae'n hysbys hefyd bod llawer o heintiau a chlefydau yn cael eu hachosi gan greaduriaid bychain a elwir *bacilli*. Astudir y rhain yn ofalus gan feddygon a gwyddonwyr. Y mae llawer ohonynt i'w gweled yn eglur gyda'r microsgôp. Y mae eraill ohonynt bron y tu hwnt i allu eithaf yr offeryn. Er enghraifft, yn gymharol ddiweddar llwyddwyd i ddarganfod y *bacillus tuberculosis*. Hwn yw un o'r bodau *byw* lleiaf. Ni fesur ond un rhan o 30,000 o fodfedd. Mor fawr yr alanas a wneir gan greadur mor fach!

Gyda'r *ultra-microscope*—offeryn diweddar—gellir gweled (er nad yn eglur) gwrthrychau can gwaith llai fyth; diddorol yw sylwi mai bodau *marw* yw'r rhain. Ni all *bywyd* fod mewn gwrthrychau llai na rhyw faint arbennig.

Y mae profion sicr fod y bodau bychain hyn, byw neu farw, wedi eu hadeiladu o *nifer fawr o ronynnau llawer iawn llai*, sef o atomau y gwahanol elfennau. A dyna fydd ein testun yn awr:

### *Byd yr Atom*

O'i gymharu ag atom, y mae'r *bacillus* lleiaf yn fyd mawr dyrys. Y mae ynddo gannoedd o filiynau o atomau. Eglurwyd eisoes mor fychan yw'r *bacillus*. Rhaid felly fod yr atomau sydd yn ei gyfansoddi yn

annisgrifiadwy o fychan. Ceisiwn ddangos hyn trwy gyfrwng eglureb neu ddwy.

(1) Gan fod yr atomau mor fân, y mae'n eglur fod nifer fawr ohonynt mewn swm bychan iawn o fater. Er enghraifft, y mae 50,000,000,000,000,000,000 o atomau oxygen a nitrogen mewn llond gwniadur o awyr. Rhaid cydnabod na ellir amgyffred ffigur o'r fath. Felly, rhaid edrych ar y mater o gyfeiriad arall.

(2) Pe chwyddid defnyn o ddŵr (gwllithyn) i faint y ddaear, ni byddai'r atomau o'i fewn lawer mwy nag afalau. Cwestiwn naturiol y darllynydd yn awr yw— Pa faint o afalau sy'n eisiau i wneud pelen gron o faint y ddaear? Y mae'r un nifer o atomau hydrogen ac oxygen mewn defnyn o ddŵr.

Dyma ddwy eglureb ychwanegol (o eiddo'r Dr. Aston):

(3) Fe ŵyr y darllynydd nad oes dim awyr oddi mewn i *bulb* goleuni trydan. O'i mewn ceir y *vacuum* perffeithiaf y gellir ei gynhyrchu. Tybier bod twll bychan yn cael ei wneuthur yn y gwydr, a bod ei faint yn gyfryw ag i ganiatáu i gan miliwn o atomau'r awyr lifo i mewn bob *eiliad*. Faint o amser, tybed, a â heibio hyd nes bod y llestr wedi ei lwyr lenwi ag awyr? Anodd yw credu mai'r ateb cywir yw *can miliwn o flynyddoedd!*

(4) Ceisied y darllynydd feddwl am foment pa sawl cwpanaid o ddwfr sydd yn holl foroedd ac afonydd y byd yma. Cydnabyddir bod nifer go fawr. Ond y

mae'n achos syndod fod nifer yr atomau yn y cwpanaid dwfr 6,000 o weithiau yn fwy. Dyna ddigon i ddangos mai peth bychan iawn yw atom.

### *Byd yr Electron a'r Proton*

Hawdd meddwl ein bod yn yr atom wedi cyrraedd y peth lleiaf yn y greadigaeth, ond nid felly y mae.

Ystyr y gair atom yw—yr hyn na ellir ei dorri, a hyd yn gymharol ddiweddar fe gredid bod hwn yn enw eithaf priodol. Ond gwyddom erbyn hyn y gellir dryllio'r atom a'i ddosrannu i nifer o ronynnau llai fyth. Dyma'n wir un o ddarganfyddiadau mawr y ganrif hon. A rhyfedd iawn, nid gronynnau o fater yn ystyr gyffredin y gair yw'r is-ronynnau hyn, ond gronynnau o drydan. Ac y mae dau fath ohonynt, gronyn o drydan positif a elwir "y proton," a gronyn o drydan negatif a elwir "yr electron." Nid oes neb hyd yn hyn yn gwybod beth yw trydan, nac yn deall ystyr y ffaith bod dau fath ohono. Ond er hynny, trwy ymchwiliadau'r Proff. J. J. Thomson a'r Arglwydd Rutherford (yn bennaf), gwyddom bwysau a maint y gronynnau trydan hyn—"y priddfeini sylfaenol" y mae holl atomau mater wedi eu hadeiladu ohonynt. Y mae'r electron 10,000 o weithiau yn llai na'r atom lleiaf, ac y mae'r proton 2,000 o weithiau yn llai fyth. Ond yn rhyfedd iawn y gronyn lleiaf o'r ddau (y proton) sydd yn pwyso fwyaf. Yn wir, y mae'r proton 2,000 o weithiau yn drymach na'r electron. Felly, hyd y gwyddys yn bresennol, yr electron yw'r peth *ysgafnaf* yn y greadigaeth a'r proton yw'r peth *lleiaf*.

*Cyfansoddiad yr Atomau*

Bwriadwn yn awr ddisgrifio'n fyr gyfansoddiad yr atomau yn ôl y syniadau diweddaraf. Yn y canol y mae nifer o brotonau ac o electronau wedi eu cydgrynhoi yn glòs at ei gilydd gan ffurfio'r hyn a elwir y cnewyllyn (*nucleus*). Yna, yn gymharol bell oddi wrth y cnewyllyn ac yn chwyrnellu'n gyflym o'i gwmpas y mae nifer o electronau, y cwbl yn ffurfio math o Gysawd Haul (*Solar System*), y cnewyllyn yn cyfateb i'r haul, a'r electronau yn cyfateb i'r planedau.

Ffe wŷr pawb fod agos i gant o elfennau gwahanol, megis hydrogen, helium, carbon, nitrogen, oxygen, haearn, copr, arian, aur, plwm, radium ac uranium. Gan hynny, cwestiwn priodol yw—Ym mha beth neu ym mha fodd y mae gwahaniaeth yn atomau'r elfennau hyn? Yr ateb yw, mai yn nifer a threfniant y protonau a'r electronau sydd yn eu cyfansoddi yn unig. Y mae'r holl elfennau wedi eu hadeiladu o'r un defnyddiau, sef protonau ac electronau. Enghraifft neu ddwy. Yr atom ysgafnaf yw ciddo hydrogen. Gwneir hwn yn syml o un proton fel cnewyllyn ac un electron yn troi fel planed o'i gwmpas. A phwysig yw sylweddoli bod yr electron fel pe ar frys gwyllt, oblegid y mae'n cylchdroi o amgylch y cnewyllyn 1,000,000,000,000,000 o weithiau mewn eiliad! Mewn geiriau eraill, mewn un *eiliad* o'n "hamser ni" y mae'r electron wedi "byw" y nifer aruthrol hwn o'i "*ffynyddoedd*" ef.

Fel y mae'r atom yn trymhau, y mae'n mynd yn fwy dyrys a chymhleth o ran ei gynnwys. Mewn atom carbon, er enghraifft, ceir deuddeg o brotonau a

chwech o electronau wedi eu cydgrynhoi i ffurfio'r cnewyllyn, ac yna chwech o electronau eraill yn chwyrnellu mewn cylch (neu gylchoedd) o gwmpas y cnewyllyn. Mewn atom o haearn eto ceir 56 o brotonau a 30 o electronau yn y cnewyllyn ac yna 26 o electronau yn troi fel planedau. Gwelir oddi wrth y ffigurau hyn fod pob atom yn cynnwys ar y cyfan yr un nifer o electronau ag o brotonau.

Gan nad oes, yn ôl y disgrifiad uchod, wahaniaeth *hanfodol* rhwng atomau'r elfennau, ceir awgrym y gellir efallai

*Drawsnewid un Elfen i fod yn Elfen Arall*

Yn wir, y mae radium ohono'i hun yn gwneuthur hyn. Newidia'n raddol i'r elfen adnabyddus—plwm. Yn awr ac eilwaith y mae atomau radium yn ffrwydro, gan hyrddio allan o'r cnewyllyn delpyn cymharol drwm—y gronyn alpha fel y'i gelwir. Ac yn wir nid yw hwn yn ddim llai na chnewyllyn atom helium. Ac wrth gwrs, ar ôl " trychineb " o'r fath, nid radium yw'r atom mwyach ond atom elfen arall ac ysgafnach—atom niton. Yn wir, y mae pump o'r ffrwydriadau hyn yn dilyn ei gilydd y naill ar ôl y llall hyd nes y bydd yr atom radium wedi dod yn atom plwm. Nid yw gwres nac oerni na thrydan nac unrhyw ddylanwad arall at wasanaeth dyn yn medru arafu na chyflymu'r trawsnewidiad hwn o radium yn blwm. Casglwyd gan hynny fod trawsnewid un elfen yn elfen arall yn rhywbeth y tu hwnt i allu dyn. Ond y mae'r Arglwydd Rutherford o Gaergrawnt newydd lwyddo i droi nitrogen yn garbon. Dyma ddarganfyddiad o'r pwysigrwydd

a'r diddordeb mwyaf. Gwnaeth hyn nid trwy gyfrwng yr un o'r nerthoedd "cyffredin" a enwyd uchod, ond trwy gyfrwng y gronynnau alpha sydd yn ymsaethu allan o radium. Rhaid deall bod y "bwledi" hyn yn teithio gyda chyflymder mawr iawn—10,000 o filltiroedd mewn eiliad, ac oherwydd hynny y maent yn cario gyda hwy gryn dipyn o ynni, er eu bod mor fychain. Gadawodd Rutherford i'r bwledi chwynn hyn "fombardio" atomau'r nwy nitrogen, a phrofodd fod y tân-belennu egnïol hwn yn cnocio proton allan o gnewyllyn yr atomau nitrogen, ac y maent hwy felly yn cael eu trawsnewid gan y driniaeth lem hon yn atomau llai ac ysgafnach, atomau carbon efallai.

*Dryllio* a *darnio* 'r atomau yw'r dull uchod o drawsnewid, a phriodol gofyn yn awr: Oni ellir creu atomau? Oni ellir cymryd nifer o brotonau ac o electronau a'u cydgrynhoi at ei gilydd a chreu ohonynt atom helium, dyweder, neu garbon, neu aur? Hyd yma, nid oes neb wedi llwyddo i wneuthur hynny, er y cred rhai ei fod yn digwydd yn yr haul a'r sêr oherwydd y gwres a'r pwysau aruthr sydd yn y cyrff tân hyn. Hwyrach y daw'r dydd pan lwydda dyn i "greu" mater allan o brotonau ac electronau. Ond wedi'r cyfan, nid "creu" fuasai'r enw priod yn y cysylltiad hwn. Oblegid "creu" yw gwneuthur peth o *ddim*. Ac yr ydym hyd yn hyn wedi cymryd yn ganiataol fod yr electron a'i bartner, y proton, at ein gwasanaeth. Hyd y gwelaf i, nid oes y gronyn lleiaf o obaith y llwydda dyn byth i greu electron a phroton, cerrig-sylfaen mater, priddfeini elfennol y Greadigaeth. A hyd yn oed pe llwyddid i wneuthur hyn, sef creu electronau o ryw

sylwedd mwyelfennol a sylfaenol fyth—yr ether, dyweder—cyfodai wedyn y cwestiwn: O ba le y daeth yr ether? Ac fe ellid dilyn yr ymresymiad ymlaen yn ddiderfyn. Mewn gair, nid yw Gwyddoniaeth yn taflu dim goleuni sydd yn bodloni meddwl dyn ynglŷn â'r hen gwestiwn *dechreuad y Greadigaeth Fater*. Cred rhai fod yr atomau neu'r electronau yn bod er tragwyddoldeb. Cred eraill eu bod wedi eu galw i fod trwy air Duw. Yn fy marn i, nid yw Gwyddoniaeth yn dywedyd dim yn uniongyrchol ar y cwestiwn hwn. Ni ellir *profi'r* Bod o Dduw drwy ymchwiliadau gwyddonol, ac y mae'r un mor sicr na ellir ar sail gwyddoniaeth ei wrthbrofi.

“*Pan edrychwyf ar y nefoedd.*”

D A T B L Y G I A D   Y M   M Y D   Y   S E R

1.   *Geni'r Haul a'r Ddaear.*

Ni allaf lai na chredu bod y cwestiynau hyn yn eu hawgrymu eu hunain o dro i dro i bob meddwl ystyriol:

1. A yw athrawiaeth datblygiad yn gweithredu ym myd marw mater fel y mae yn y byd byw, byd y llysiâu ac anifeiliaid a dynion ?

2. Os yw, a ellir dywedyd gydag unrhyw fath o sicrwydd sut y daeth y cyrff hyn—y sêr—i fod yn yr wybren ? Beth oedd dechrau eu gyrfa a pha beth fydd eu diwedd ?

3. Pa eglurhad sydd ar y ffaith nad yw gwres a thanbeidrwydd yr haul o'r braidd fymryn yn llai nag oedd filoedd o fynyddoedd yn ôl ? Beth sydd yn cynnal ei wres ? (*Am atebiad, gwêl Pennod VII.*)

4. Ai *eithriad* ym myd y sêr yw Cysawd yr Haul ? Neu mewn geiriau eraill—a oes lle i gredu bod cyrff eraill yn bod yn yr wybren a bywyd arnynt rhywbeth yn debyg i'r hyn a geir ar y ddaear ?

Cydnabyddaf nad yw cael atebion i'r cwestiynau hyn o fawr pwys ymarferol. Ac eto, y maent o ddiddordeb neilltuol. A chan fod darganfyddiadau pwysig wedi eu gwneuthur y blynyddoedd diwethaf hyn sydd yn taflu goleuni ar y problemau a nodwyd, nid anfuddiol,



efallai, fydd rhoddi braslun o'r syniadau diweddaraf ar y pynciau hyn. Gwnawn hyn gyda phob gwyleiddra yn yr ymdeimlad o urddas a mawredd y testun, a hefyd o fychander a therfynau ein gwybodaeth.

Cymerwn i ddechrau gipolwg ar y broblem gyntaf.

Yn y ffurfafen ar noson glir fe welir miloedd o gyrff tanllyd yn disgleirio—y sêr sefydlog. Ond nid yw'r nifer a welir â'r llygad noeth ond rhan fechan iawn ohonynt. Trwy gyfrwng y telesgôp a'r ffilm chwyddir y nifer i filoedd o filiynau o sêr ar wahân. Yn ychwaneg canfyddir miloedd o glystyrau sêr a channoedd o filoedd o wrthrychau mawreddog a elwir nifylau.

Gwyddom hefyd fod y seren nesaf atom—yr haul, yn ben teulu, yn arglwyddiaethu ar nifer o blant, y planedau a'r comedau sydd yn troi yn rheolaidd mewn cylchoedd o'i gwmpas.

A'r cwestiwn yw: A grëwyd yr holl gyrff hyn i gyd yr un foment, mwy neu lai fel y maent yn awr? Ni ellir credu hyn. Yr un modd ag y mae dynion yn cael eu geni, yn datblygu ac yn marw, felly hefyd y daw sêr i fod, y maent yn datblygu ac yn marw. Credaf yn sicr fod athrawiaeth datblygiad yn gweithredu ym myd y sêr, a cheisiaf yma ddweud y stori. Yn gyntaf, rhaid inni gynefino â'r syniad bod y greadigaeth fater yn hŷn o lawer nag y meddyliwyd hyd yn gymharol ddiweddar. Nid yw cannoedd o filoedd o flynyddoedd o unrhyw bwrpas inni yn y mater hwn. Rhaid meddwl mewn termau o filoedd o filiynau o flynyddoedd. O'i gymharu â hyn nid yw cyfnod trigias dyn ar y ddaear ond megis amrantiad. Ond sylwer, nid yw'r sêr i'w gweled yn newid o gwbl yn ystod oes fer dyn. Gan

hynny, sut y gellir mentro dweud stori *datblygiad* y sêr? A'r ateb digonol yw fod gwrthrychau i'w canfod yn y ffurfafen sydd *ym mhob gris ar raddfa datblygiad*. Dyma eglureb: Tybier bod dyn craff na wŷr ddim o hanes datblygiad coeden yn treulio awr neu ddwy mewn coedwig. Fe welai yno rai prennau cedyrn yn anterth eu nerth; hefyd rai llai eu maint a'u praffter, hefyd blanhigion bychain tyner yn gwthio'u pennau allan o'r ddaear. Gwelai hefyd rai prennau wedi dechrau crino a dadfeilio, a rhai ohonynt wedi cwmpo ac yn gorwedd yn farw ar lawr. Oni allai â'i reswm noeth adrodd yn bur gywir hanes tyfiant, datblygiad a marw'r pren? Y mae'n wir na allai mewn ysbaid byr o un awr wybod am yr hedyn a'r modd y disgyn i'r ddaear a marw a thyfu. Felly nid yw ei stori yn hollol gyflawn. Yr un modd yn union, wrth droi ein golygon tua'r nefoedd, yr ydym yn gweld yno heuliau a chyfundrefnau mewn gwahanol gyflyrau—ac y mae'r hanes megis yn datblygu o flaen ein llygaid. Ond sylwer, nid yw'r stori yma chwaith yn gyflawn, nid yw'r *dechreuad eithaf* yn hollol eglur. Mor bell ag y gwelwn, rhaid meddwl am *ddwyfol greadigaeth* yr atomau mater, neu o leiaf yr electronau a'r protonau sydd yn cyfansoddi'r atomau. Yn y ffurfafen gwelwn yr atomau hyn yn ffurfio nifylau, clystyrau sêr, heuliau a phlanedau, a dyna a geisiwn ei wneud, sef ceisio adrodd sut y daeth y gwahanol wrthrychau hyn i fod yn rhinwedd y priodoleddau a roddwyd yn yr atomau materol pan grëwyd hwynt. Bwriedir egluro'r modd y daw'r atomau at ei gilydd i ffurfio nifwl. Yna egluro'r modd y try'r nifwl wedyn ar ôl oesau maith yn glwstwr o sêr, yn

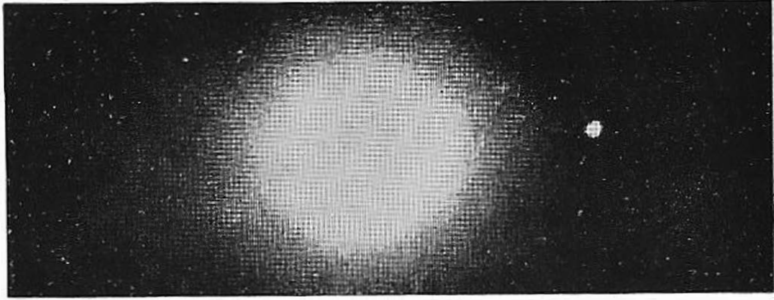
cynnwys miliynau o heuliau mawreddog. Yna adroddir hanes datblygiad pellach un o'r heuliau hyn— ein haul ni, a'r modd y cenhedlwyd ohono mewn dull rhyfedd a diddorol y teulu o blanedau sydd yn troi o'i gwmpas. Ac yn olaf, ceisir egluro'r modd y crëwyd y lleuad, megis o asen y ddaear, i fod yn gydymaith iddi yn ei gwibdaith oesol o amgylch yr haul.

### *Geni'r Nifwl Troellog*

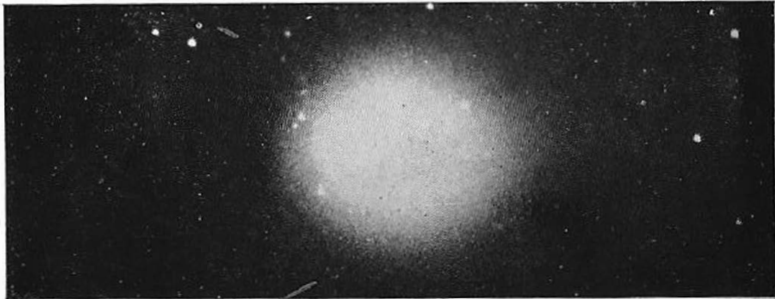
Rhywbryd ymhell bell yn ôl, "cyn bod amser," daeth i fod yma ac acw yn y gwagle diderfyn nifer dirifedi o fân-ronynnau mater, y cwbl yn ffurfio nwy neu nifwl tenau, ysgafn, ocr, gyda phellter mawr rhwng pob gronyn a'i gymydog. Ein gwaith yn awr fydd dilyn cwrs datblygiad y nifwl cyntefig hwn fel canlyniad i'r priodoledau a roddwyd i'r atomau yn eu creadigaeth.

Un o'r priodoledau hanfodol hyn yw atyniad disgyrchiant. Hynny yw, y mae pob atom yn tynnu ac yn cael ei dynnu gan bob atom arall. Dangoswyd yn ddiweddar gan y seryddwr enwog, Dr. Jeans, mai canlyniad hyn yw *bod y nifwl gwreiddiol hwn yn ymrannu yn raddol yn nifer o nifylau llai*, a bod pob un o'r is-nifylau hyn yn ymgrebachu ac ymddwyso'n raddol. Felly ar ôl oesau maith cynhwysai'r greadigaeth nifer fawr o nifylau ar wahân yma ac acw yn y gwagle. Cofier bod eu maint a'u pellter oddi wrth ei gilydd yn gymaint nes bod bron y tu hwnt i amgyffred meddwl dyn. Ond er eu pellter oddi wrth ei gilydd, y maent, serch hynny, yn dylanwadu ar ei

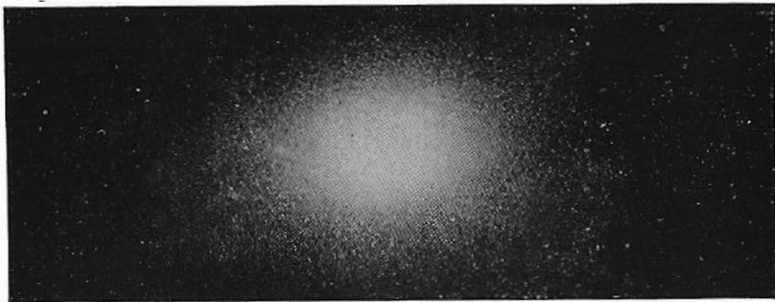
N.G.C. 3379



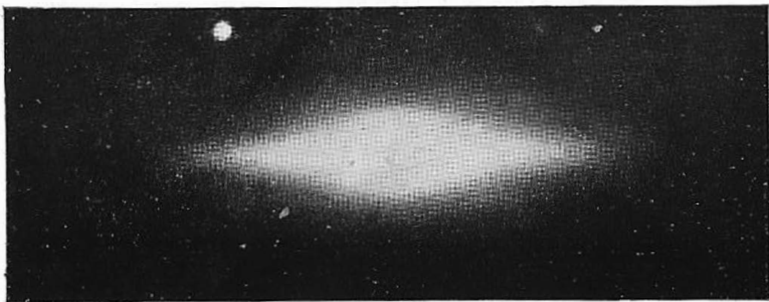
N.G.C. 221



N.G.C. 4621



N.G.C. 3115



Cyfres o nifylau o wahanol oedran yn adrodd yn eglur stori eu datblygiad o belen gron ar y dechrau (N.G.C. 3379) i wrthrych ar ffurf plât (N.G.C. 4621) ar ôl miliynau lawer o flynyddoedd.



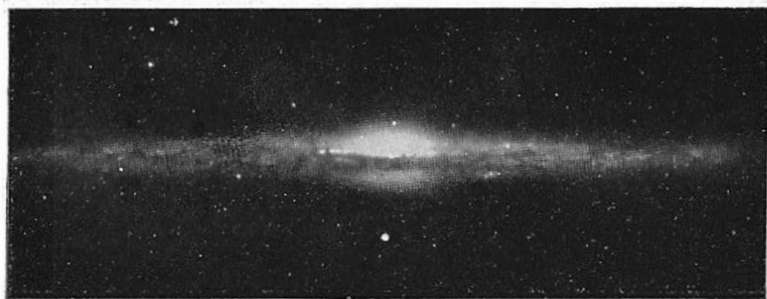
N.G.C. 5866



N.G.C. 4594



N.G.C. 5746



N.G.C. 4565

Edrychir ar y nifylau hyn i gyfeiriad ymylon y "plât." Mater wedi oeri yng nghyrrau pellaf y nifwl yw'r gwregys tywyll a welir yn y rhai uchod.

gilydd trwy rym disgyrchiant, ac effaith hyn yw *eu bod yn dechrau troi yn araf deg ar eu hechel.*

Rhodddwn sylw yn awr i un o'r nifylau hyn. Fel y mae yn ymgrebachu'n raddol y mae'n troi ar ei echel yn gyflymach, gyflymach, a chanlyniad hyn yw bod y nifwl, yn lle aros yn belen gron, yn raddol yn cymryd ffurf olwyn. Ymddengys y nifwl ar ôl oesau meithion *fel cwmwl gwyn golau gydag amryw o ganghennau fel pe'n ymdroelli o'i amgylch.* Nifwl troellog (*spiral nebula*) yw'r enw a roddir iddo yn y cyflwr hwn. Ac y mae miloedd ohonynt i'w canfod yn yr wybren trwy gyfrwng y telesgôp. [*Gwêl darlun I, II, III, IV.*]

### *Geni'r Haul*

Y bennod nesaf yng ngyrfa'r nifwl yw ei fod trwy ymgrebachu ymhellach yn ymrannu'n filoedd o bwyntiau golau, hynny yw yn *heuliau*, gan ffurfio *clwstwr o sêr ar wahân.* Canfyddir gyda'r telesgôp esiamplau lawer o glystyrau sêr. Dyna'n wir yw'r Llywybr Llaethog. Ac nid oes unrhyw amheuaeth nad yw yr *haul* yn aelod o'r clwstwr mawreddog hwn o sêr, a'i fod wedi ei eni mewn nifwl troellog gyda miliynau eraill o sêr yn y modd a eglurwyd.

Dilynwn yn awr hanes pellach yr haul. Pan ddechreuodd ei yrfa fel seren ar wahân yn y clwstwr sêr, yr oedd ei faintioli gannoedd o weithiau yn fwy, a'i ddwyyster lawer iawn yn llai, nag erbyn hyn. Ond cymharol oer ydoedd ef y pryd hynny, ac felly (pe gallasai llygad dynol ei ganfod) ymddangosai yn gochboeth ac nid yn wynias. Esiampl dda o seren yn y

cyflwr yma yn awr yw'r seren fawr goch Betelgeux yn Orïon. (Mesurwyd tryfesur y seren hon yn ddiweddar gan y seryddwr Americanaidd Michelson, a chafwyd ei bod yn 200 miliwn o filltiroedd, tra nad yw tryfesur yr haul yn awr yn llawn un miliwn.) Fel yr aeth oesau maith heibio, parhau i ymgrebachu a wnâi'r haul, a thrwy hynny gynyddu fwy-fwy yn ei wres a'i danbeidrwydd—ei oleuni yn mynd yn wynnach, wynnach, nes iddo ddyfod yn debyg i'r seren ddisglair Sirius ar hyn o bryd. Yr oedd yr adeg honno wedi cyrraedd blynyddoedd "canol oed," ac yn anterth ei ogoniant a'i ddisgleirdeb. O'r adeg honno ymlaen dechreuodd "ddirywio," lleihaodd ei faintioli a'i ddisgleirdeb yn raddol nes unwaith eto ddyfod yn seren gymharol oer a'i oleuni yn felyngoch. *Ac yn y cyflwr hwn y mae ein haul ar hyn o bryd.* Sylwn felly mai seren *hen* yw'r haul ac wedi pasio pegwn ei ogoniant filiynau lawer o flynyddoedd yn ôl.

### *Geni'r Ddaear*

Ond ni ellir gadael yr hanes yn y fan hon. Fel y gŵyr pawb, amgylchir yr haul gan nifer o blanedau, ac yn eu mysg y Ddaear, a phriodol yw gofyn—O ba le y daethant? Ai wedi eu *casglu* y maent gan yr haul yn ystod ei wibdaith drwy'r ehangder? Nage, yn hytrach *plant yr haul yw'r planedau* wedi eu geni allan o'i gorff, ac yn ôl Jeans fel hyn y digwyddodd.

Rhaid cofio i ddechrau nad yw'r sêr yn aros yn sefydlog yn eu hunfan. Y maent mewn gwirionedd yn rhuthro trwy'r ehangder mewn gwahanol gyfeiriadau.

Ar y cyfan y mae'r sêr mor bell oddi wrth ei gilydd fel mai digwyddiad pur anghyffredin yw i ddwy seren ddyfod i wrthdarawiad uniongyrchol â'i gilydd. Ond pan ddigwydd hyn, cynhyrchir cymaint o wres nes chwalu'r ddwy seren yn nifwl eiriasboeth unwaith eto. (Hyn, y mae'n debyg, sy'n egluro bod sêr newydd o dro i dro yn ymddangos yn sydyn yn y ffurfafen.) Gwelir felly na byddai digwyddiad o'r fath o unrhyw help yn yr ymchwil am eglurhad i gychwyn y planedau.

Ond tybier bod yr haul a hefyd ryw seren arall, yn eu gwibdaith drwy'r gwagle, ryw dro (yn lle ymdaro ben-ben â'i gilydd) wedi pasio yn hytrach o fewn ychydig bellter i'w gilydd, fel dau fodur yn pasio'i gilydd ar yr heol. Hawdd yw deall y byddai dylanwad disgyrchiant rhwng dau gorff mawr fel hyn, o fewn ychydig bellter i'w gilydd, yn aruthr o fawr, a'r canlyniad fyddai i swm mawr o fater ruthro allan o'r haul ac o'r seren arall yn un "sribed" hir. Gwyddom fod trai a llanw y môr i'w briodoli (yn bennaf) i waith y lleuad yn codi wyneb y môr trwy dyniad disgyrchiant. Felly hefyd, ond ar raddfa fwy o lawer, llusgwyd allan o'r haul gan y "seren-ymwelydd" y mater a ddefnyddiwyd yn ddiweddarach i ffurfio'r planedau. Oblegid gellir dangos y byddai'r sribed hon o fater yn fuan iawn yn ymrannu yn nifer o belennau, a'r rhai hyn yn ddi-ddadl yw'r planedau. Eglura'r ddamcaniaeth hon mewn modd prydferth a boddhaol paham y try'r holl blanedau o amgylch yr haul yn yr un cyfeiriad, a hefyd, paham y ceir y planedau mawr trymion (Iau a Sadwrn) yng nghanol y rhestr, a'r planedau bychain (Mercher a Pluto) yn y ddau ben.

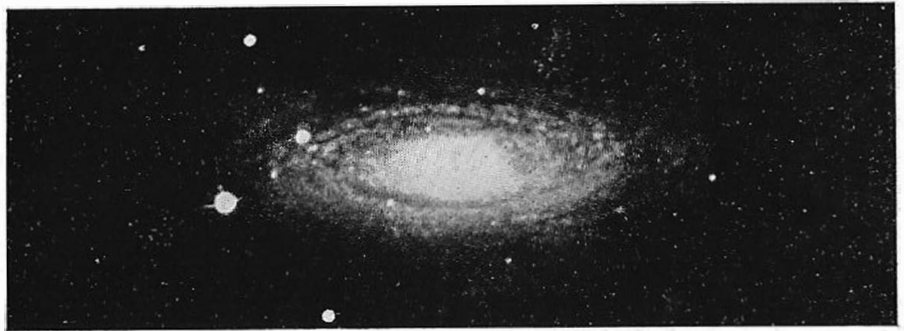


Gwelwn felly, ar un olwg, mai ar ddamwain, megis, y daeth ein haul ni yn berchen planedau, ac y daeth y ddaear, cartref dyn, i fod. Ond camgymeriad fyddai meddwl mai i'r haul yn unig y digwyddodd hyn. Nid oes amheuaeth nad yw'r un peth wedi digwydd i gannoedd o heuliau eraill, ac felly hawdd yw credu bod planedau tebyg i'n daear ni yn cylchdroi o amgylch heuliau eraill. A chan fod mater yn meddu ar yr un priodoleddau, lle bynnag y'i ceir yn y greadigaeth, ni ellir llai na chredu bod bywyd a chreaduriaid rhesymol (dynion, efallai) yn bod ar nifer fawr o gyrff eraill yma ac acw yn y greadigaeth. Efallai hefyd, fel yr awgryma'r Esgob Barnes, fod trigolion rhai o'r planedau hyn wedi cyrraedd lefel meddwl ac ysbryd ymhell y tu hwnt i'r lefel y ceir trigolion y ddaear hon arni yn bresennol.

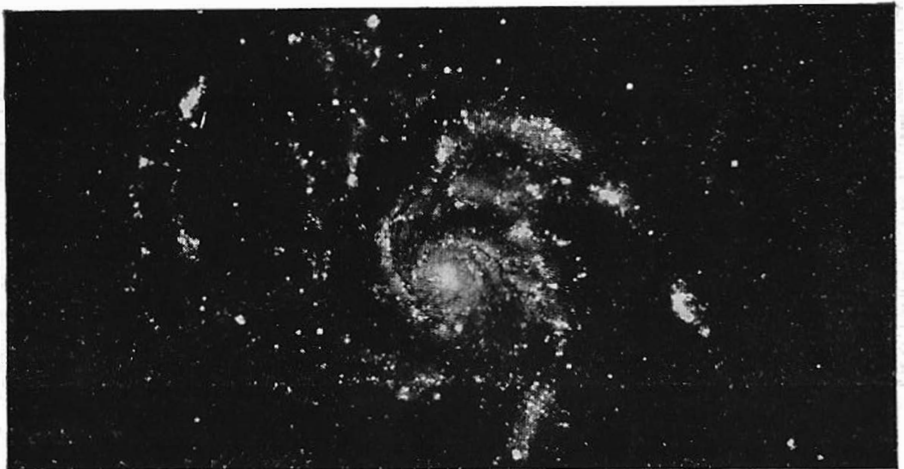
N.G.C. 7217



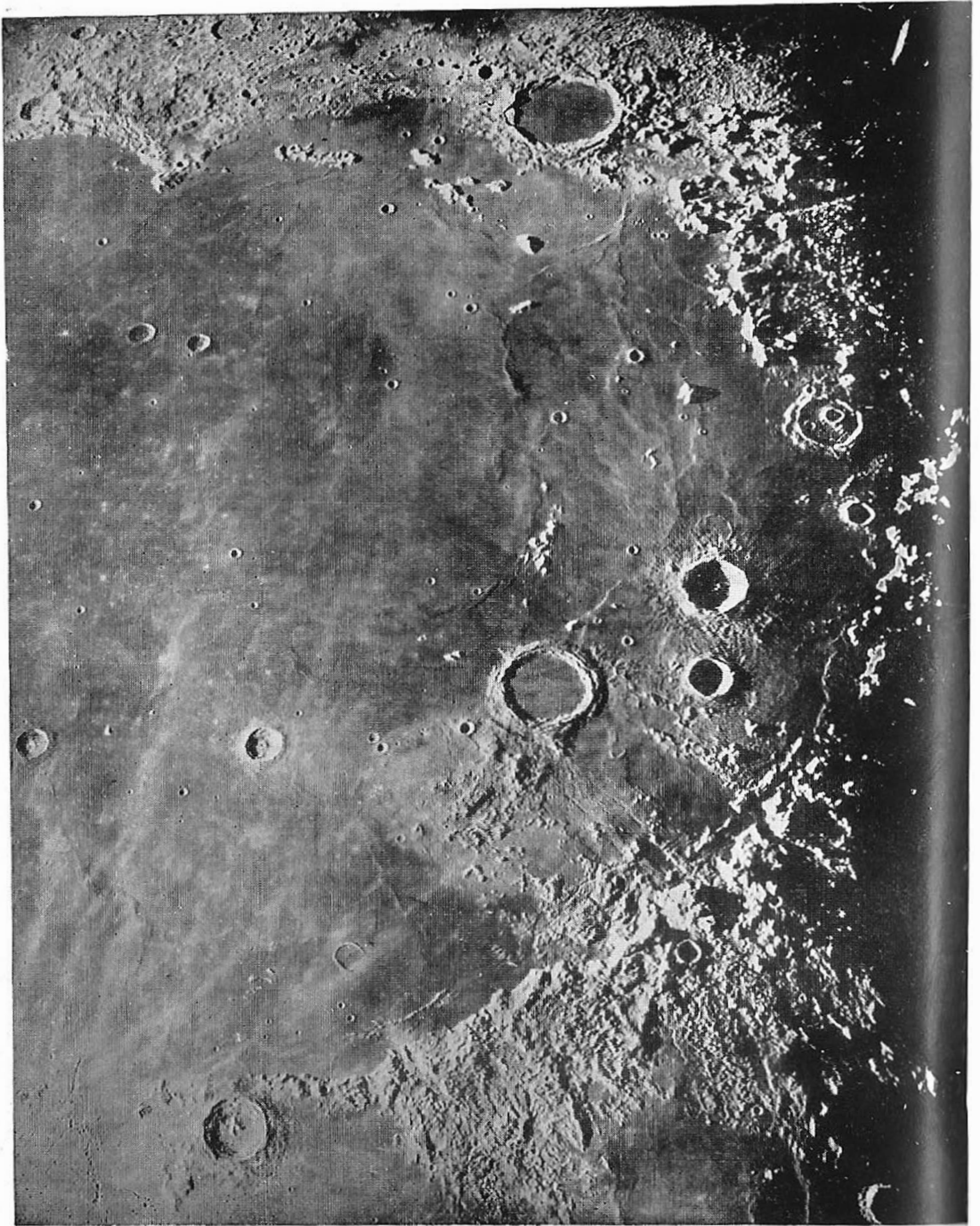
N.G.C. 2841



N.G.C. 5457



Nifylau'n dechrau heneiddio yw'r rhai hyn, tebyg i'r tri olaf yn y darlun blaenorol. Edrychant yn wahanol i'r rheini oherwydd eu bod yn dangos eu hwynebâu i ni ac nid eu hymylon. Ped elid ymlaen gyda'r gyfres, y darlun olaf fyddai clwstwr o sêr ar wahân, miloedd o filiynau ohonynt. Gwelir dechrau hyn yn y nifwl olaf (N.G.C. 5457).



*Arsyllfa Mount Wilson.*

### Rhan o wyneb y lleuad drwy delesgôp cryf:

Sylwer ar y mynyddoedd uchel yn amgylchu'r gwastadedd eang a elwir *Mare Imbrium*. Y mae amryw o'r mynyddoedd dros 15,000 o droedfeddi o uchder, ac y mae safnau rhai o'r hen losg-fynyddoedd yn ddigon mawr i lyncu dwy neu dair o siroedd Cymru gyda'i gilydd.

## DATBLYGIAD YM MYD Y SER

II. *Geni'r Lleuad*

BYD rhyfedd yw'r lleuad, ein cymydog nesaf yn yr wybren. Nid oes yno nac awyr na dŵr na chwmwl. Yno ceir gwastadeddau ac anialdiroedd eang, mynyddoedd cribog uchel, llosg-fynyddoedd wedi oeri a thawelu ers oesau. Byd o ludw yw, byd di-sŵn, byd marw. Cymer ysbaid o bedair wythnos i droi unwaith ar ei echel; mewn geiriau eraill, pery'r "dydd" yno (sef o godiad haul i'w fachlud) am bythefnos, a'r nos yr un faint. Ac o ganlyniad y mae gwres y dydd yn ddeifiol ac oerni'r nos yn angerddol ac yn angheuol i unrhyw fath o fywyd.

Ni welodd llygad dyn erioed ond un wyneb yn unig i'r lleuad, a hynny am y rheswm diddorol ei bod yn cymryd yr un faint o amser i droi ar ei hechel ag a gymer i gyflawni ei siwrnai o amgylch y ddaear. Ac nid damwain yw hyn, ond canlyniad uniongyrchol achos arbennig a fu'n gweithio yn ddistaw a diflino dros oesau meithion. A'r achos hwnnw oedd rhwbiad y teitiau mawreddog, a godwyd gan y ddaear ar y lleuad cyn i'r olaf oeri a chaledu. Gweithreda trai a llanw y teitiau fel brêc, gan arafu yn raddol droad y lleuad ar ei hechel, a'r stad derfynol yw'r hon sydd yn bod yn awr—sef y lleuad yn dangos yr un wyneb i'r ddaear yn barhaus. (Cawn egluro ymhellach ymlaen mai corff

*hylif* oedd y lleuad pan anwyd hi allan o'r ddaear. Bu am amser maith yn nes o lawer i'r ddaear nag yw yn awr—a'r adeg honno yr oedd y teitiau ar y lleuad yn rhai uchel iawn ac yn effeithiol iawn fel brêc ar ei throad.)

Diddorol yw sylwi fod y teitiau godir yn awr *gan y lleuad yn y môr ar y ddaear* yn gweithredu mewn modd cyffelyb ac yn arafu'n raddol droad y ddaear ar ei hechel, gyda'r canlyniad anochel fod hyd ein "dydd" ni hefyd yn ymestyn yn raddol. Bychan iawn yw'r effaith hwn yn awr, mae'n wir—dim ond estyn un eiliad mewn can mil o flynyddoedd.

Beth yw y rheswm fod y lleuad yn ymbellhau yn raddol oddi wrth y ddaear? Mae'n bellach heno nag oedd flwyddyn yn ôl. Canlyniad yw hyn i'r un achos eto—rhwbiad y teitiau ar y ddaear. Oblegid y mae'n dilyn (fel canlyniad i "ddeddfau symudiad,") fod yr arafu yn nhroad y ddaear a'r lleuad ar eu hechel yn galw am gynnydd cyfatebol ym mhellter y ddau gorff oddi wrth ei gilydd.

Felly, os awn yn ôl mewn dychymyg rai miliynau o flynyddoedd, cawn y ddaear a'r lleuad lawer yn agosach at ei gilydd, a'r ddaear yn troi ar ei hechel yn llawer cyflymach. Ac os awn yn ôl yn ddigon pell, cawn y ddau gorff yn ffurfio un belen fawr; a chyfrif y seryddwyr fod y ddaear yr adeg honno yn troi ar ei hechel yn yr ysbaid byr o bedair awr. (Hynny yw, pedair o'n horiau presennol.)

Ond beth a barodd i'r ddaear ymrannu'n ddwy, a thrwy hyn eni'r lleuad? Gallesid tybio, ar yr olwg gyntaf, mai'r haul a dynnodd delpyn mawr allan ohoni

yn yr un modd ag y tynnwyd y ddaear ei hun allan o'r haul, fel y disgrifiwyd yn y bennod o'r blaen. Ac yn wir, yn y modd yma yr eglurir yn foddhaol eni'r amryw leuadau sydd yn troi o amgylch y planedau mawr Iau a Sadwrn. Ond ni wna'r eglurhad hwn y tro gyda golwg ar eni'r lleuad. Y mae'r lleuad yn gorff eithriadol iawn. Yn un peth, mae ei dwyster (*density*) lawer uwch nag eiddo unrhyw leuad arall. Hefyd, y mae'r lleuad yn drymach o lawer o'i chymharu â'i mamblaned, y ddaear, na'r holl leuadau eraill o'u cymharu â'r planedau a roddodd fod iddynt. Er enghraifft, nid yw'r ddaear ond 81 o weithiau yn drymach na'r lleuad; y mae'r planedau eraill filoedd o weithiau yn drymach na'u leuadau hwy.

Rhaid chwilio gan hynny am eglurhad gwahanol ar greadigaeth y lleuad, ac yn ddiweddar y mae gwyddonwyr, ar ôl chwilio'n ddyfal, wedi cael gafael, efallai, ar y gwir. I mi, y mae'r hanes yn un o'r pethau hynotaf a mwyaf rhamantus mewn gwyddoniaeth.

Ganwyd y lleuad oherwydd *cyd-ddigwydd* diddorol dros ben, fel hyn:

Yr ydym eisoes wedi dweud bod y ddaear a'r lleuad ar un adeg yn ffurfio un belen, a bod honno yn troi ar ei hechel bob pedair awr. Pelen o hylif ydoedd yr adeg honno; nid oedd wedi oeri digon i'r sylweddau ynddi ymgaledu i ffurfio'r creigiau sydd yn awr fel crystyn ar ei hwyneb. A chan fod y belen hon yn troi mor gyflym ar ei hechel, yr oedd ymhell o fod yn berffaith grwn. Yr oedd ei thryfesur ar draws ei hechel rai cannoedd o filltiroedd yn hwy na'i thryfesur ar hyd ei hechel. Heblaw hynny, yr oedd y belen hylif yn ddiamau yn

“curo,” yn newid ei ffurf o fod yn hirgrwn mewn un cyfeiriad i fod yn hirgrwn mewn cyfeiriad arall, ac felly yn ôl a blaen yn rheolaidd. Cyfrif seryddwyr fod yr ysgogiadau—y “curiadau” hyn—yn dilyn ei gilydd yn rheolaidd bob *dwy awr*. Ar y dechrau, ni fyddai'r ysgogiadau yn ddigon grymus i beryglu cyflwr y belen. Ond beth petairhyw rym ychwanegol yn dechrau gweithio arni nes peri i'r cynyrfiadau gynyddu'n barhaus? Cawn y grym hwn yng ngwaith yr haul yn codi teitiau ar y ddaear. Gan fod y ddaear yn troi ar ei hechel mewn pedair awr, y mae'n eglur fod y teitiau yn dilyn ei gilydd bob *dwy awr*. Dyma fel y gweithia'r cyddigwydd hwn: *Y mae ysgogiadau naturiol y belen yn cymryd dwy awr, a chynyrfiadau rheolaidd y teitiau hefyd yn digwydd bob dwy awr*. O ganlyniad, aeth yr ysgogiadau yn fwy grymus a mawreddog o ddydd i ddydd, nes o'r diwedd y methodd y belen ddal y straen. Ymrannodd yn ddwy, a'r rhan leiaf yw'r lleuad sydd, erbyn hyn, wedi cilio oddi wrthym chwarter miliwn o filltiroedd o bellter.

Gwelir yma esiampl brydferth o egwyddor cydysgogi (*resonance, sympathetic vibrations*). Ceir pennod gyfan ar y mater diddorol hwn yn ddiweddarach (Pennod XII). Hwyrach y bydd eglureb seml yn y fan yma yn help i'r darllenydd ddeall y pwynt pwysig hwn.

Meddylier am gloch fawr drom ynghrog yng nghlochdy eglwys. Fe wŷr pawb na ellir canu'r gloch trwy roi *un plwc* yn unig ar y rhaff. Rhaid rhoi amryw blyciadau; ychwaneg, *rhaid trefnu i'r plyciadau hyn ddilyn ei gilydd yn rheolaidd i ateb i ysgogiadau naturiol y*

*gloch ar ei hechel.* Trwy hynny, cynyddu a wna sigliadau'r gloch yn barhaus, nes o'r diwedd y bydd "tafod" y gloch yn taro yn ei herbyn. Yn y modd hwn, trwy ddefnyddio egwyddor cyd-ysgogi, gall plentyn bychan â'i fraich wan ganu'r gloch drymaf.

Neu, os mynnir, tybier bod pwysau anferth (hanner tunnell, dyweder) ynghrog wrth raff hir. Pa fodd y gall plentyn bychan beri i'r pendil mawr hwn symud? Ychydig o effaith a gaffai ei hergwd, er iddo wthio â'i holl nerth. Ond pe byddai iddo roi hergwd fechan bob tro y mae'r pendil yn symud oddi wrtho, yn fuan iawn byddai'r pwysau'n siglo yn ôl a blaen ar draws yr ystafell.

Yn ôl yr un egwyddor hefyd drylliwyd y ddaear, a ffurfiwyd y lleuad oherwydd bod "plyciadau" rheolaidd yr haul (y teitiau) yn ateb i sigliadau naturiol y ddaear yn ei chyflwr hylifol. Digwyddodd y "trychineb" hwn yn hanes y ddaear o bymtheg cant i ddwy fil o filiynau o flynyddoedd yn ôl. Dyna yn fyr, cyn belled ag y gwyddys yn awr, yw stori Geni'r Lleuad.



## MATER — BETH YDYW?

1. *Yr Atom*

CYN dweud beth yw Mater, rhaid sylwi yn gyntaf ar rai o'i briodoleddau. Fe wŷr pawb fod mater i'w gael mewn tair ffurf—fel corff caled megis haearn neu garreg, fel hylif (dŵr, dyweder) ac fel nwy. Sylwn hefyd fel y gall unrhyw fath ar fater fod ym mhob un o'r ffurfiau hyn. Gwelwn hyn yn eglur ynglŷn â dŵr. Hawdd yw oeri dŵr a'i droi'n rhew, neu ei gynhesu a'i droi'n ager, sef nwy anweledig. Yn yr un modd, ond codi digon ar ei wres, gellir toddi haearn ac yn wir ei droi'n nwy. A'r un modd hefyd, trwy wasgu ac oeri digon ar yr awyr yma sydd o'n cwmpas, gellir ei droi'n hylif a'i rewi wedi hynny yn gorff caled.

Sylwn yn nesaf ar dair o briodoleddau hanfodol sydd yn perthyn i fater yn gyffredinol.

(1) Ni ellir creu na dinistrio mater. O leiaf, nid yw hyn yn digwydd ar y ddaear. Ond fe gawn ymdrin ymhellach ymlaen â'r cwestiwn hwn wrth sôn am fater ym myd y sêr.

(2) Mae pob telpyn o fater yn y greadigaeth yn tynnu pob telpyn arall,—yn ôl deddf disgyrchiant Isaac Newton, ac wrth gwrs, hyn sydd yn peri bod i bob gwrthrych ar wyneb y ddaear bwysau arbennig, oherwydd y tynnu rhwng y ddaear a'r gwrthrych.

(3) Priodoledd hanfodol arall yw anegni mater (*inertia*), hynny yw, y duedd sydd mewn mater i *aros* yn ei unfan, neu—os yn symud—i *barhau* i symud. Gwelir y briodoledd hon mewn gwaith pan fyddom yn teithio mewn cerbyd o unrhyw fath. Os cychwynna'r cerbyd yn sydyn ac annisgwyl, y mae perygl i'r teithiwr syrthio yn ôl yn wysg ei gefn. O'r ochr arall, os digwydd i'r cerbyd arafu'n sydyn, parha'r teithiwr i fynd yn ei flaen, neu fel y dywedir yn gyffredin, fe'i tefir ar ei ben allan o'r cerbyd. Y briodoledd hon sydd yn achosi canlyniadau trist gwrthdrawiad rhwng dau drên ar y rheilffordd.

### *Elfennau ac Atomau*

Gader inni yn awr geisio edrych i mewn i gyfansoddiad telpyn o fater, telpyn bychan o blwm, dyweder. Tybier ein bod yn ei rannu'n ddau ddarn, ac yna'n bedwar, ac yna'n wyth, ac felly ymlaen. Tybiwn hefyd nad oes dim anawsterau yn codi oherwydd ein hanallu i weld y mân raniadau hyn. Gofynnwn—a ellir dal ymlaen i wneud hyn *yn ddiderfyn*? Na ellir, oblegid fe gyrhaeddir o'r diwedd delpyn bychan o blwm na ellir ei dorri ymhellach, neu o leiaf, os torrir ef, *nid plwm yw mwyach*. Gelwir y gronyn bychan hwn yn *atom*—*atom* o blwm. Diddorol yw cofio mai ystyr wreiddiol y gair atom yw'r hyn na ellir ei dorri.

Darganfu gwyddonwyr fod tua deg a phedwar ugain o wahanol fathau o atomau ar y ddaear. Wele enwau rhai ohonynt ynghyda'u pwysau o'u cymharu â phwysau hydrogen, yr atom lleiaf ac ysgafnaf ohonynt oll : Hydrogen (1), Helium (4), Carbon (12), Nitrogen

(14), Oxygen (16), Aluminium (27), Haearn (56), Copr (63), Arian (108), Aur (197), Arian Byw (200), Plwm (207), Radium (226), Uranium (238).

Dychmygwn glywed rhywun yn gofyn paham na chofnodir yn y rhestr uchod sylweddau cyffredin megis dŵr, halen, pren, carreg, cig, asgwrn, llaeth. Yn wir, gellid enwi miloedd o wahanol sylweddau. Dyma'r ateb: Fel y dywedwyd, y mae yn y Greadigaeth 90 o wahanol fathau o atomau, ac felly 90 o wahanol *elfennau*. Yr hyn yw *elfen*, gan hynny, yw peth na ellir ei ddadansoddi neu ei dynnu i lawr i ddim byd mwy syml. A chymryd dŵr, er enghraifft. Nid elfen yw dŵr ond cyfuniad o'r ddwy elfen hydrogen ac oxygen. Y mae'r gronyn lleiaf o ddŵr wedi ei adeiladu o ddau atom o hydrogen ac un atom o oxygen; y mae'r rhai hyn wedi glynu'n dynn wrth ei gilydd nes ffurfio'r hyn a elwir yn *molecule* o ddŵr. (Y mae'n bwysig cael gair Cymraeg am *molecule*; gair eithaf priodol yw melyn, molynnau.) A rhyfedd mor wahanol yw nodweddion yr uniad hwn, dŵr, rhagor nodweddion y ddwy elfen a'i cynhyrcha. *Nwyon* yw hydrogen ac oxygen; ac eto o'u huno â'i gilydd cawn yr *hylif*, dŵr.

Neu dyna'r sylwedd pwysig halen. Nid elfen mo hwn ychwaith, ond uniad o un atom o sodium ac atom o clorin, yn ffurfio melyn o halen. Metel tanllyd peryglus yw sodium. Cymer dân ar unwaith ond ei dafu ar wyneb dŵr! Nwy gwenwynig yw clorin. Ac eto, o'u huno â'i gilydd, difodir natur wenwynig y clorin gan natur danllyd y sodium, a cheir y sylwedd diniwed halen, peth sydd mor anhepgor yn ein bywyd. A'r un modd am y sylweddau cyffredin eraill a enwyd,

megis pren, llaeth, cig, etc. Uniad yw eu molynnau hwy o bedwar, pump neu ychwaneg o atomau o wahanol elfennau. Felly atom yw'r enw a roddir i'r gronyn lleiaf o unrhyw elfen, a'r enw a roddwn ni i'r gronyn lleiaf o sylwedd nad yw elfen, yw molyn.

Cyn myned ymhellach, rhaid rhoi eglurhad ar y gwahaniaeth rhwng mater caled, hylif, a nwy. Yn y corff caled (rhew, dyweder) y mae'r molynnau yn glòs yn erbyn ei gilydd. Ond ni ddylid meddwl eu bod yn berffaith lonydd; y maent yn ysgogi yn ôl a blaen yn gyflym, ac ysgogiadau'r molynnau yw'r gwres yn y rhew. Pan gynhesir y telpyn rhew, gorfodir i'r gronynnau ysgogi'n fwy egniol a symud ymhellach oddi wrth ei gilydd nes eu bod o'r diwedd yn abl i grwydro, i weu drwy'i gilydd fel tyrfa o bobl mewn ffair, hynny yw, y mae'r rhew wedi toddi, wedi troi'n hylif. Pan gynhesir y dŵr ymhellach, cynyddda egni ysgogiadau'r gronynnau gymaint nes ymsaethu ohonynt allan o'r hylif a ffurfio ager (nwy). Yn y nwy y mae'r gronynnau yn gymharol bell oddi wrth ei gilydd ac yn rhuthro yma ac acw fel bwledi bychain i bob cyfeiriad, gan daro yn achlysurol yn erbyn ei gilydd ac yn erbyn muriau'r llestr.

### *Bychander yr Atomau*

Bwriadwn yn awr geisio rhoddi rhyw syniad am fychander anhygoel yr atomau mater. Y ffordd hawsaf i wneud hyn yw trwy roi syniad am y nifer dirifedi ohonynt sydd mewn telpyn bychan o fater.

Fel yr awgrymwyd, y mae'r atomau yn hynod, yn anhygoel o fân. Yn y mymryn lleiaf o fater y gellir ei weld yn weddol rwydd â'r llygad noeth (gronyn o dywod, dyweder, o faintioli *full-stop*) y mae cannoedd o filiynau o filiynau o atomau (1,000,000,000,000,000). Mae nifer o'r fath ymhell y tu hwnt i ddirnad meddwl dyn. Pe cyfrifid y nifer hwn, gan gyfrif 300 o atomau bob munud, a dal ati nos a dydd heb aros i fwyta nac i gysgu, fe gymerai'r gwaith ddeng miliwn o flynyddoedd! A chofier mai sôn yr ydym am rif yr atomau mewn gronyn bychan o dywod.

Hwyrach y tybia rhai y gellir gweled atom drwy help y microsgôp. Nid yw hynny yn bosibl. Y mae'n wir fod y microsgôp cryfaf yn chwyddo gwrthrych ryw ddwy fil o weithiau. Ond beth yw hynny? Fe gynnwys y gronyn lleiaf y gellir ei weled yn y dull hwn gannoedd o filoedd o filiynau o atomau.

Mae'n eglur erbyn hyn fod bychander yr atomau y tu hwnt i'n dirnadaeth. Annaturiol gan hynny fyddai tybied bod gronynnau llai fyth, neu mewn geiriau eraill fod yn bosibl rhannu atom yn ddarnau llai fyth. Ac eto dyna yw un o brif ddarganfyddiadau'r ganrif hon, a wnaethpwyd gan yr Athro Syr J. J. Thomson o Gaergrawnt, sef ei *bod yn bosibl* dryllio'r atom. Hynny yw, nid gronyn caled didor yw'r atom, ond yn hytrach adeilad neu gyfundrefn wedi ei hadeiladu mewn dull rhyfedd a chelfydd iawn o ronynnau llai fyth.

Gwneir adeilad, fel y gŵyr pawb, o lawer math o ddefnyddiau—cerrig, mortar, coed, haearn, gwydr,

ac felly ymlaen. O ba ddefnyddiau yr adeiledir yr atomau? Yr ateb syml yw mai o drydan. Nid yw dweud bod mater wedi ei gyfansoddi o ronynnau mân a elwir atomau a molynnau ond hanner y stori. Ceir gweddill y stori yn y bennod nesaf.

## MATER — BETH YDYW?

II. *Yr Electron a'r Proton*

DYWEDWYD eisoes fod mater o bob math wedi ei gyfansoddi o ronynnau a elwir atomau. Ceisiwyd eisoes roi i'r darlennydd syniad pa mor fychan yw'r atomau a'r nifer dirifedi sydd ohonynt hyd yn oed yn y mymryn lleiaf a ellir ei weled â'r microsgôp cryfaf, ac eglurwyd nad cyrff caled didor yw'r atomau, ond eu bod hwythau hefyd wedi eu hadeiladu o ronynnau llai fyth, o drydan.

Y mae'n hysbys i wyddonwyr ers canrifoedd fod dau fath o drydan, a chan fod iddynt briodoleddau cyferbyn—y naill mewn un ystyr yn difodi'r llall, fel *plus* (+) a *minus* (—) mewn rhifyddiaeth—rhoddir iddynt yr enwau trydan positif (+) a thrydan negatif (—). Y mae'n rhaid cydnabod mai enwau trwsgl a lletchwith ydynt; ond fe'u defnyddir ym mhob iaith, a rhaid i ninnau ymarfer â hwy.

Nid yw'n angenrheidiol ar hyn o bryd ddweud ond ychydig iawn am briodoleddau trydan. Yr hyn sydd o ddiddordeb i ni yw gwaith Syr J. J. Thomson a'r Arglwydd Rutherford yn profi bod y ddau fath o drydan hefyd wedi eu cyfansoddi o ronynnau. Yr enw a roddir i'r gronyn lleiaf o drydan negatif yw *electron*, ac i'r gronyn lleiaf o drydan positif, *proton*, ac o'r ddau hyn yr adeiledir yr holl atomau. Protonau ac electronau yw'r priddfeini yn adeiladwaith holl

atomau'r Greadigaeth. Nid oes yn hanes Gwyddoniaeth arbrofion mwy cywrain a phwysicach nag eiddo Thomson a Rutherford. Profant yn ddigamsyniol fod y gronynnau trydan hyn yn bod, ac fe roddant inni hefyd eu maint a'u pwysau.

Gellid traethu yn hir ar bwysigrwydd yr electronau yn ein bywyd bob dydd. Ysgogiadau a symudiadau electronau yw ffynhonnell goleuni a'r tonnau trydanol y trosglwyddir ar eu hadenydd gyngherddau ac areithiau'r B.B.C. Llif o electronau sydd yn goleuo ein tai ac yn troi olwynion masnach. Ond nid arhoswn gyda'r pethau hyn yn awr, oblegid ein gwaith yw egluro'r modd y daw'r gronynnau trydan hyn i mewn i gyfansoddiad yr atomau mater.

Fe gofia'r darllenydd inni ddweud bod yr atom bron yn anfesurool fychan. Ond y mae'r proton a'r electron yn llawer iawn llai. Cymerwn belen gron un fodfedd ar ei thraws i bortreadu'r atom lleiaf, hydrogen. Yna, dot bychan y ganfilfed ran o fodfedd ar ei draws a gymerir i bortreadu proton neu electron ar yr un raddfa, hynny yw, dot mor fychan fel na ellir ei weld â'r microsgôp cryfaf. Mor bell ag y gwyddom, rhywbeth tebyg yw'r electron a'r proton o ran maintioli, er bod peth rheswm dros gredu bod y proton yn llai hyd yn oed na'r electron. Sut bynnag am hynny, dirfawr yw'r gwahaniaeth yn eu pwysau. Y mae pwysau proton yr un faint â phwysau atom hydrogen, ond y mae'r electron ddwy fil o weithiau yn ysgafnach. Hyd yn hyn, nid oes eglurhad o gwbl ar y gwahaniaeth hanfodol hwn. Y mae'n eglur fod pwysau atomau gwahanol i'w briodoli i bwysau'r protonau sydd yn eu cyfansoddi: nid yw'r electronau



yn yr atomau yn ychwanegu nemor ddim at eu pwysau, er eu bod yr un mor bwysig â'r protonau yng ngwneuthuriad yr atom.

### *Adeiladwaith yr Atom*

Yr ydym yn awr yn barod i egluro'n fwy manwl pa fodd y defnyddir y gronynnau trydan hyn i adeiladu gwahanol atomau mater. I ddechrau, credir bod gan bob atom gnewyllyn wedi ei gyfansoddi o nifer o brotonau ac electronau, y cwbl wedi eu crynhoi yn dynn wrth ei gilydd yn un corff bychan bach. Yna, yn gymharol bell oddi wrth y cnewyllyn, ceir nifer o electronau yn chwyrnellu'n gyflym a rheolaidd mewn cylchoedd o amgylch y cnewyllyn. Mewn atom cyfan ceir yr un faint o electronau ag o brotonau. Gwneir y peth yn fwy eglur trwy roi disgrifiad byr o ddau neu dri o wahanol atomau. Cymerwn yn gyntaf yr atom symlaf oll—hydrogen. Cnewyllyn atom hydrogen yw un proton, ac yna ceir un electron yn chwyrnellu mewn cylch o amgylch y proton. Yr atom nesaf o ran symlrwydd yw eiddo helium. Cnewyllyn yr atom hwn yw 4 proton a 2 electron. Yna ceir 2 electron arall yn troi mewn cylch (neu gylchoedd) o amgylch y cnewyllyn, fel dwy blaned yn troi o amgylch yr haul.

Mewn atom carbon ceir 12 proton a 6 electron yn ffurfio'r cnewyllyn, ac yna 6 electron arall fel planedau o'i gwmpas. A phan gyrhaeddir atom trwm fel eiddo haearn, ceir cnewyllyn yn gynwysedig o 55 proton a 29 electron, ac yna 26 o electronau ychwanegol yn troi mewn pedwar o wahanol gylchoedd o'i amgylch.

Gwelir felly fod tebygrwydd rhwng cyfansoddiad atom a chyfansoddiad Cysawd yr Haul; y mae'r cnewyllyn yn cyfateb i'r haul, a'r electronau y tu allan i'r cnewyllyn yn cyfateb i'r planedau. Ond sylwer gymaint mwy rhyfedd a chymhleth yw adeiladwaith atom nag eiddo Cysawd yr Haul.

Sylwn yn awr ar ganlyniad diddorol i'r syniadau uchod am gyfansoddiad yr atom, sef fod cyfangorff yr atom yn wag. Cymer yr atom filwaith mwy o le na chyfanswm y gronynnau sydd yn ei gyfansoddi. Dyma ddyn yn ysgrifennu wrth fwrdd derw, trwm, caled a chadarn ddigon, ac eto gwacter ydyw bron yn gyfangwbl. Oblegid pe gellid dadansoddi'r holl atomau sydd ynddo, gan grynhoi wedyn yr holl brotonau a'r electronau yn glòs wrth ei gilydd, âi holl sylwedd y bwrdd i mewn i wniadur. Ni allwn yn ein byw osgoi'r demtasiwn i ddweud mai gwacter o wacter, gwacter yw'r cwbl! Y mae lle i gredu bod yr hyn a ddychmygwyd ynglŷn â'r bwrdd wedi digwydd yn hanes rhai o'r sêr, gyda'r canlyniad bod sylwedd y sêr hynny o ddwyster anghredadwy. Yno byddai telpyn o fater o faintioli afal yn pwyso tunelli lawer!

## M A T E R — B E T H Y D Y W ?

III. *Radium a'i Wersi*

UN o'r elfennau hynotaf a phwysicaf ar un ystyr ydyw radium, a ddarganfuwyd yn 1896 gan Madame Curie. Gorwedd ei bwysigrwydd mewn dau beth. (1) Defnyddir radium gan y meddygon i leihau effeithiau enbyd y gelyn cancr. (2) Trwy radium a'i briodoleddau rhyfedd yr ydym i fesur mawr wedi ennill y wybodaeth sydd gennym am gyfansoddiad yr atomau. Priodol gan hynny yw dweud rhyw gymaint amdano.

Metel drud a gwerthfawr yw radium; nid oes ond rhyw dair neu bedair owns ohono ar gael hyd yn hyn. Y mae ei atom yn drwm, 226 o weithiau yn drymach nag atom hydrogen. Ac yn y modd canlynol yr adeiledir ef: Yn ei ganolbwynt ceir cnewyllyn yn gynwysedig o 226 proton a 138 electron, ac yna haid o 88 o electronau yn troi o amgylch y cnewyllyn. Nid oes, wrth gwrs, ddim byd hynod yn hyn. Gorwedd hynodrwydd radium yn y ffaith fod ei atomau, am ryw reswm dirgel, o bryd i bryd yn ffrwydro gyda ffyrnigrwydd a grymuster angerddol gan saethu allan o'r cnewyllyn dri math o belydrau a adnabyddir wrth yr enwau pelydrau alpha, beta a gamma. Math o donnau trydanol yw'r olaf, tebyg i'r pelydrau X a ddarganfuwyd gan Roentgen. Llif o electronau yw'r pelydrau beta. Ond y mwyaf pwysig yw'r pelydrau

alpha. Gronynnau mân yw'r rhai hyn, sef cnewyllyn atomau'r elfen helium, yn ymsaethu allan o gnewyllyn yr atomau radium gyda'r cyflymder o 10,000 o filltir-oedd mewn eiliad. Nid rhyfedd gan hynny fod i radium ei briodoleddau hynod pan feddylir am yr hyn sydd yn dylifo'n barhaus ac mor egniol o'i grombil.

Ond sylwer ar ganlyniadau hyn. Ar ôl colli o'i gyfansoddiad delpyn cymharol drwm fel y gronyn alpha, nid yw'r gweddill yn ddigon mawr i fod yn atom radium mwyach. Yn wir, y mae wedi ei drawsnewid ei hun yn sylwedd hollol wahanol, sef y nwy radon. Ac nid yw radon yn parhau fel y mae; ffrwydra yntau hefyd gan ei drawsnewid ei hun yn elfen a elwir Radium A. Newidia hwnnw wedyn, yn ei dro, i Radium B, ac felly ymlaen, o ris i ris, hyd nes y cyrhaeddir Radium G, ac nid yw hwnnw ddim amgen na'r elfen adnabyddus Plwm.

Golyga hyn chwyldroad yn ein syniadau am fater. Nid yw'r atomau mater (o leiaf rhai ohonynt) yn drwgwyddol ac anghyfnewidiol, fel y credid hyd yn ddiweddar. Wele drawsnewidiad yr elfennau wedi dod—radium yn graddol droi yn blwm. Gwyddom hefyd fod radium ei hun yn cael ei gynhyrchu gan sylwedd sydd yn gymharol gyffredin, sef uranium, atom yr hwn yw'r mwyaf a thrymaf sydd i'w gael ar y ddaear.

Gan gofio mai 207 yw pwysau atom plwm, ac mai 197 yw pwysau atom aur, dychmygwn yn awr glywed y darllenydd yn gofyn yr hen gwestiwn oedd o ddi-ddordeb mawr i'r hen alcemistiaid gynt, sef, oni ellir trawsnewid plwm yn aur? Neu yn iaith y dyddiau hyn, oni ellir cnocio deg proton allan o gnewyllyn atom plwm

a'i droi felly yn atom aur ? Gwnaethpwyd llawer ymdrech, ond hyd yn hyn aflwyddiannus fu'r cyfan. Nid yw gwres, na phwysau, na thrydan, na dim gallu cyffredin arall yn cael yr effaith leiaf ar gnewyllyn yr atomau. Yr unig beth y mae'r galluoedd uchod yn ei wneud i'r atomau yw anesmwytho dipyn ar yr electronau sydd y tu allan i'r cnewyllyn. I drawsnewid atom y mae'n rhaid newid ei galon; ac i gyrraedd y galon rhaid treiddio trwy'r haid o electronau sydd fel mur o'i amgylch. A'r unig beth sydd yn ddigon bychan ac egniol i dreiddio hyd at galon atom yw'r gronynnau alpha sydd yn ymsaethu allan o radium. A diddorol yw sylwi bod Rutherford yn ystod y deng mlynedd diwethaf, trwy arbrofion cywrain a phwysig iawn, wedi llwyddo (trwy gyfrwng y gronynnau alpha) i ddryllio cnewyllyn rhai atomau a thrwy hynny i beri am y tro cyntaf drawsnewid elfennau yn wirioneddol.

*Ynni tu mewn yr atomau*

Yn ychwanegol at bwysigrwydd radium yn y ddau gyfeiriad a nodwyd eisoes, y mae darganfyddiad radium o bwysigrwydd mawr oherwydd ystyriaeth arall. Y mae radium, fel y dywedwyd, yn saethu allan o grombil ei atomau nifer o belydrau gyda chyflymder ac egni mawr, fel gwn yn tanio ergyd. Golyga hyn fod ystôr o ynni ynghlo oddi mewn i'r atomau radium, ac felly (gan fod yr holl atomau wedi eu hadeiladu ar yr un cynllun) ei fod ynghlo oddi mewn i atomau mater o bob math. Y mae hyn yn ddarganfyddiad pwysig. Rhaid egluro'n fanylach. Beth yw ynni (*energy*)?

Ynni yw'r gallu i gyflawni gwaith. Ynni yw'r peth hwnnw sydd yn cadw'r byd i fynd yn ei flaen. Ynni sydd yn gyrru'r trê'n, yn troi olwynion ffatrioedd, yn goleuo ac yn cynhesu tai, yn dwyn y gwynt a'r glaw, ac yn achosi tyfiant ym myd llysieuyn ac anifail. Byd heb ynni, byd marw fyddai. Ar ein daear ni prif ffynhonnell ynni yw gwres a goleuni'r haul. Yna y brif ffynhonnell yw glo, a chydag ychydig eithriadau, ynni glo ar hyn o bryd sydd yn troi olwynion masnach. Y mae safle'r wlad hon ym myd diwydiant yn dibynnu ar y sylwedd hwn, glo. Yn awr, y mae glo'r ddaear yn prysur ddarfod. Ymhên rhyw 200 mlynedd bydd ein glofeydd wedi eu gweithio allan, a chyn hynny yn Neheudir Cymru. O ba le y ceir ynni at angenrheidiau masnach a diwydiant pan dderfydd y glo? Hwyrach y gellir ffrwyno nerthoedd y gwynt, manteisio mwy ar ein hafonydd ac ar drai a llanw'r môr, a diamau y gwneir hynny. Ond fe ddysg radium i ni fod ystôr ddi-hysbydd ac annisgwyl o ynni wedi ei gloi oddi mewn i atomau mater cyffredin. Y mae digon o ynni mewn carreg fechan oddi ar y ffordd i yrru llong fawr dros yr Atlantig ac yn ôl. Pan losgir glo nid ydym yn cyffwrdd â'r ystôr hon. Yr hyn a ddigwydd wrth ei losgi yw peri i'r atomau carbon yn y glo ymuno â'r atomau oxygen sydd yn yr awyr. Nid ydym yn cyffwrdd o gwbl â'r ynni sydd *oddi mewn i'r atomau* carbon ac oxygen. I ryddhau hwn at ein gwasanaeth, rhaid llwyddo i ddryllio *cnewyllyn* yr atomau a'u trawsnewid yn atomau ysgafnach. Ond nid yw'r gallu i wneud hyn ym meddiant dynion ar hyn o bryd. Ein cred a'n gobaith ydyw y bydd yr allwedd i'r drysorfa ddi-hysbydd

hon wedi ei ddarganfod erbyn y dydd hwnnw pan fydd angen dyn yn galw amdano.

Gwelir felly na ddywedwyd yr holl wirionedd pan ddywedwyd bod mater wedi ei adeiladu o ddau beth, sef protonau ac electronau. Gadawyd allan beth tra phwysig, sef ynni. Yr electronau a'r protonau yw'r priddfeini, a'r ynni yw'r mortar, ac yn yr adeilad cywrain hwn y mae'r mortar yn llawn mor bwysig â'r priddfeini.

### *Dechrau a Diwedd Mater*

Dywedwyd yn un o'r penodau o'r blaen na ellir dinistrio mater, hynny yw, na ellir ei ddifodi. Teg yw dywedyd bod darganfyddiadau'r pum mlynedd diwethaf yn tueddu rhai gwyddonwyr o fri, megis Eddington a Jeans, i gredu nad yw hyn yn llythrennol wir. Coleddant hwy'r syniad newydd hwn trwy eu gwaith yn chwilio am eglurhad ar barhad gwres yr haul am gynifer o filiynau o flynyddoedd. Y mae hwn yn hen gwestiwn, ac ymddengys nad oes esboniad boddhaol arno ond trwy gredu bod y protonau a'r electronau yng nghrombil yr haul, oherwydd y gwres angerddol sydd yno, yn taro yn erbyn ei gilydd gyda'r fath egni nes difodi ei gilydd, a'u hynni cynhenid yn troi'n ynni pelydrau gwres a goleuni.

Yn ôl y ddamcaniaeth hon y mae pwysau'r haul yn lleihau bob munud, ei sylwedd materol yn troi'n belydriad. Ac er bod yr haul, yn ôl y syniadau uchod, yn colli pwysau yn ôl 360,000 o filiynau o dunelli bob dydd (!), mor enfawr yw ei faintioli a'i bwysau fel y gall fforddio gwneud hyn am filiynau lawer o flynyddoedd.

Terfynwn trwy ofyn y cwestiwn o b'le y daeth atomau mater, neu'n hytrach, yr electronau a'r protonau sydd yn eu cyfansoddi. Y mae gwyddoniaeth yn fud ar hyn. Dysg gwyddoniaeth inni nad yw'r greadigaeth fater o'n cwmpas wedi bod ers tragwyddoldeb, hynny yw, fod iddi ddechrau mewn amser. Ond pa fodd y daeth i fod, nid oes ganddi ddim pendant a sicr i'w ddweud. Cytuna gwyddonwyr fod realiti eithaf a therfynol y Greadigaeth y tu hwnt i gyrraedd Gwyddoniaeth, ac yn fwy na thebyg y tu hwnt i amgyffred meddwl dyn. Nid yw Gwyddoniaeth ond *un* ffordd i astudio realiti. Nid yw'n cynrychioli Bod yn ei gyfanswm. Neu fel y dywed Whetham yn ei lyfr ar *History of Science*:

Gall Gwyddoniaeth dorri dros ei therfynau priod ei hun, beirniadu i bwrpas ffurfiau eraill ar feddwl yr oes a hyd yn oed rai o'r gosodiadau a ddefnyddia'r diwinyddion i fynegi eu cred hwy. Ond i weled bywyd yn ddiysgog, a'i weled yn gyfan, y mae'n rhaid inni nid yn unig wrth Wyddoniaeth, ond wrth Foeseg hefyd, ac wrth Gelfyddyd ac Athroniaeth; y mae'n rhaid inni amgyffred mewn rhyw ffordd y dirgelwch cysegredig hwnnw a'r ymdeimlad hwnnw o gymundeb â Bod dwyfol sy'n wreiddyn a sylfaen crefydd.





RHAN II

ATHRONIAETH  
SWN A SAIN



PENNOD VIII

NATUR SŴN

YR ydym ni Gymry yn hoff o Gerddoriaeth, ac fe wŷr pawb fod i Gerddoriaeth ei deddfau. Mae'n wir nad oes angen astudio'r deddfau gwyddonol sydd yn rheoli sŵn a sain i fwynhau cerddoriaeth—leisiol neu offerynnol. Er hynny, gan fod i sŵn ddeddfau anian, credaf mai diddorol i'r darllenydd fydd nifer o benodau syml ar athroniaeth naturiol sŵn a sain.

Ceisiwn gan hynny ymdrin â chwestiynau fel y rhain: Beth yw sŵn a pha fodd y caiff ei drosglwyddo o'i ffynhonnell i'r glust? Beth yw'r gwahaniaeth hanfodol rhwng sŵn affafar trol ar heol a sain hyfryd, felodaidd, tant telyn? Beth yw natur y gwahaniaeth rhwng nodau persain o wahanol gywair, megis rhwng C ac E, neu rhwng llais merch a llais dyn? Paham, hefyd, y mae effaith mor anhyfryd ar y glust pan seinier gyda'i gilydd ddau nodyn bron o'r un cywair, megis C a C<sub>2</sub> neu B a B<sub>2</sub>? Tybier eto fod y nodyn C yn cael ei seinio gan ryw offeryn arbennig allan o'n golwg. Fe wŷr pawb y gall y mwyafrif ohonom ddywedyd ar unwaith pa un ai merch ai'r crwth, y delyn ai'r piano yw ffynhonnell y sŵn. Hynny yw, y mae'n perthyn i bob sain ryw rinwedd neu (chwedl yr Ellmyn) ryw *liw* arbennig sydd yn dibynnu ar yr offeryn a'i cynhyrchodd. Diddorol fydd astudio'r rheswm am hyn.

Yn y bennod hon bwriadwn gyfyngu ein sylw i natur sŵn a pha fodd i'w gynhyrchu a'i drosglwyddo.

Yn gyntaf rhaid sylweddoli na all dim symud ar wyneb ein daear heb achosi cynyrfiadau neu sigliadau mewn gwrthrych arall. Ni allwn, er enghraifft, osod llyfr ar y bwrdd heb beri i'r bwrdd siglo a chrynu. Ni all yr ysgrifbin yr wyf yn ei ddefnyddio at y llinellau hyn ymsymud ar draws y papur heb achosi sigliadau yn y papur ac yn y pin ei hun. Yn awr, y mae ysgogiadau'r bwrdd a sigliadau'r papur a'r pin yn peri cynyrfiadau cyfatebol *yn yr awyr* o'u cwmpas. Cynhyrchir, yn wir, ryw fath o donnau yn yr awyr. Ymsaetha'r tonnau hyn yn eu blaen trwy'r awyr gyda chyflymder mawr. Cyrhaeddant y glust, a chlywn sŵn, sef sŵn gosod y llyfr ar y bwrdd a sŵn symud y pin dros wyneb y papur. A sylwer mor *gywrain* yw'r glust—fel y gall wahaniaethu mor rhwydd rhwng y gwahanol fathau o sŵn sydd yn ei chyrraedd. A hefyd mor eang yw cwmpas ei gallu i dderbyn—o ffrwydriad y fagnel a rhuad y daran i suad y gwybedyn a sibrwd yr awel dyneraf yn y dail.

Yr ydym yn byw, onid ydym, mewn *byd o sŵn*. Faint ohonom sydd wedi sylweddoli bod a wnelo'r *awyr* yr ydym yn ei anadlu â hyn? Heb awyr (a chaniatáu y gellid byw o dan y fath amgylchiadau) byddai ein byd yn fyd o ddistawrwydd llwyr a llethol. Oblegid er canu o'r delyn, er fflachio o'r fellten, ac er ymgynddeiriogi o'r rhaeadr, *ni chlywid dim* heb awyr i gludo effeithiau'r cynyrfiadau hyn i'r glust. Trwy'r telesgôp *gwelir* ystormydd a ffrwydriadau dychrynllud yn digwydd ar wyneb yr haul—ond ni *chlywir* eu sŵn gan fod miliynau lawer o filltiroedd o *wagle* rhyngom

a'r haul. (Sylwer gyda llaw ar y gwahaniaeth hanfodol hwn rhwng goleuni a sŵn.)

Hawdd dangos na ellir trosglwyddo sŵn ond trwy gyfrwng rhyw sylwedd materol, megis awyr. Gosoder cloc-larwm ar sypyn o wlanan dew mewn llestr gwydr caeëdig. Pan fo'r llestr yn llawn o awyr, clywir y gloch yn seinio o'i mewn yn berffaith eglur, ond wedi sugno'r awyr ohoni yn llwyr ni *chlywir* y sŵn lleiaf er *gweled* tafod y gloch yn parhau i guro'n egniol.

Nid ydym yn bwriadu awgrymu mai awyr yn unig a all drosglwyddo sŵn. Trosglwyddir ef gyda rhwyddineb mawr trwy sylweddau eraill, megis dŵr, hacarn a phren. Trwy osod y glust ar un pen i fwrdd pren hir, clywir yn eglur iawn sŵn curiadau oriawr ar y pen arall, yn fwy eglur o lawer nag y gwneir pan nad yw'r glust yn cyffwrdd â'r bwrdd. Gafacler hefyd mewn oriawr â'r dannedd. Er cau'r clustiau â'r bysedd, eto clywir sŵn y curiadau yn hynod o glir, yr hyn sydd yn profi bod y dannedd ac esgyrn y pen yn gallu trosglwyddo tonnau sŵn gyda mwy o rwyddineb nag y gall sylwedd tenau, ysgafn, megis awyr.

Yr ydym eisoes wedi galw sylw at un gwahaniaeth pwysig rhwng goleuni a sŵn, sef gallu goleuni i deithio trwy wagle, yr hyn na all sŵn ei wneuthur. Y mae gwahaniaeth pwysig arall rhwng y ddau ddylanwad hyn, sef mewn *cyflymder*. Mae'n wir fod sŵn yn teithio trwy'r awyr yn gymharol gyflym, tua chwarter milltir mewn un eiliad. (Rhywbeth tebyg i hyn yw cyflymder bwled.) Ond fe deithia goleuni 186,000 o filltiroedd mewn eiliad, yr hyn sydd yn gyfartal ag amgylchu'r ddaear seithwaith yn yr ysbaid byr o un eiliad. Hyn a rydd

gyfrif am y ffaith adnabyddus na *chlywir* sŵn y ffrwydr-  
iad yn hollol yr un foment ag y *gwelir* y fflach yn ym-  
saethu o enau'r gwn, pan fôm dipyn o bellter oddi  
wrtho. Dyna hefyd yr esboniad ar y ffaith fod ysbaid  
byr o amser rhwng fflach y fellten a chlec y daran.

Deuwn i ben y bennod ragarweiniol hon trwy bwys-  
leisio'r ffaith fod pob peth sydd yn anfon allan donnau  
sŵn yn ysgogi, yn siglo, yn crynu. Sylwn ar dant  
telyn ar ôl ei daro. Tra clywir ei sain, gwelir â'r  
llygad noeth fod y llinyn yn ysgogi'n gyflym o un ochr  
i'r llall. Ni raid ond cyffwrdd ag ef â'r bÿs ac felly  
atal ei ysgogiadau i brofi mai canlyniad uniongyrchol  
ei symudiadau yw'r sain hyfryd a glywir yn dylifo oddi  
wrtho. Ni raid ychwaith ond gosod blaen y tafod  
neu'r dannedd ar seinfforch neu ar ymylon cloch pan  
fo'n seinio i ganfod fod pigau'r fforch ac ymylon y gloch  
yn ysgogi'n gyflym. A'r un modd os delir y llaw wrth  
enau pibell fawr organ pan fo'n seinio, gellir canfod yn  
rhwydd fod yr awyr o'i mewn yn ysgogi'n rymus.

## TROSGLWYDDIAD SŴN

Yn y bennod o'r blaen eglurwyd bod pob ffynhonnell sŵn yn ysgogi neu yn siglo'n gyflym, a bod yr ysgogiadau yn creu tonnau yn yr awyr, a adnabyddir ac a ddehonglir fel sŵn pan gyrhaeddant y glust.

Cyfyngwn ein sylw am foment i offeryn arbennig—utgorn, dyweder. A yw'n hollol gywir dywedyd bod yr utgorn, wrth gael ei chwythu, yn anfon allan *sŵn*? Y mae'n ddigon tebyg yr etyb y darllenydd ei fod. Ond nid wyf yn hollol sicr fod yr ateb yn gywir, oblegid y gwir yw mai'r hyn sydd yn dylifo allan o'r utgorn yw *cynyrfiadau yn yr awyr*. Ac nid yw'r cynyrfiadau hyn yn troi'n sŵn hyd nes y cyrhaeddant glust rhywun a all eu clywed. Os yw'r hwn sy'n chwythu'r utgorn yn hollol fyddar, ac onid oes neb arall mewn cyrraedd, yna *distawrwydd* ac nid *sŵn* sydd yn bod. Yr un modd ag y mae ystafell wedi ei goleuo yn hollol dywyll i ddyn dall, felly hefyd distawrwydd sydd yn teyrnasu mewn ystafell heb ynddi glust i dderbyn a dehongli'r cynyrfiadau yn yr awyr. Mewn geiriau eraill, nid yw *sŵn* yn bod ar wahân i glust yn gwrando, ond y mae ysgogiadau'r awyr yn yr utgorn ac o'i amgylch yn bod yn wir ar wahân i bresenoldeb unrhyw wrandawr. Y mae geiriau'r Athro Percy C. Buck, o Brifysgol Dublin, yn bur drawiadol ar y testun yma. Dywed yr awdurdod cerddorol hwn:



Ewch ar eich pen eich hun at yr organ mewn eglwys wag, tynnwch allan yr holl stopiau a threfnwch rywbeth i bwysu i lawr yr holl nodau; y canlyniad fydd y *sŵn* mwyaf byddarol. Yna ewch allan o'r adeilad gan ei adael yn wag fel o'r blaen. Amdanoch chwi, fe glywch *sŵn* yr organ, ond oddi mewn i'r adeilad ei hun nid oes ond *distawrwydd perffaith*. Y mae'r awyr yn y pibellau yn ysgogi, ac y mae'r awyr yn yr adeilad yn trosglwyddo'r cynyrfiadau hyn i bob cyfeiriad, ond nid ydynt yn troi'n *sŵn* hyd nes y cyrhaeddant yr offeryn byw (y glust) sydd wedi ei chynllunio i dderbyn a dehongli'r cynyrfiadau hyn.

Yr ydym wedi ymdrin braidd yn helaeth â'r mater oherwydd diddordeb y cwestiwn ei hun, a hefyd oherwydd y cyfleustra a roddir drwy'r ymresymiad i bwysleisio natur *sŵn* a'r modd y cynhyrchir ac y trosglwyddir ef.

Trown ein sylw yn awr at fater arall. Fe ddywedwyd yn y bennod o'r blaen fod tonnau *sŵn* yn teithio trwy'r awyr mor gyflym â chwarter milltir mewn eiliad. Gofynnwn a yw pob math o *sŵn* yn teithio *yr un mor gyflym*—*sŵn* persain tant telyn, a *sŵn* brawychus taran? Yr ateb yw—*ydynt yn hollol yr un fath*. Ac y mae i hyn ganlyniadau pwysig, oblegid hawdd yw dychmygu beth a allasai ddigwydd pe na byddai hyn yn wir. Tybier ein bod yn un pen i neuadd fawr yn gwranddo ar seindorf yn perfformio yn y pen arall. Pe na byddai seiniau'r gwahanol offerynnau—"y cornet, y chwibanogl, y delyn, y dulsimer, y saltring, y symphon, a phob rhyw gerdd"—yn cyd-deithio yn hollol â'i gilydd, yna (serch i'r cerddorion gyd-chwarae yn berffaith) ni fuasai'r gwahanol seiniau yn cyrraedd cwr pellaf yr adeilad *yn hollol yr un pryd*, ac y mae'n eglur mai

sŵn anhyfryd ac aflafar iawn a glywid yno oherwydd hynny.

Eto, onid yw'n rhyfedd (a pho fwyaf y meddyliwn am y peth, mwy rhyfeddod yw) fod y gwahanol donnau hyn yn gallu cyd-deithio yn yr awyr, gan groesi llwybrau ei gilydd fyth a hefyd, *heb ymyrryd â'i gilydd yn y radd leiaf*. Gallesid disgwyl y buasai tonnau'r crwth, dyweder, yn cyd-daro ac anghytuno â thonnau'r bib; ond na, y maent yn teithio drwy'r awyr gyda'i gilydd heb yr ymyrraeth lleiaf rhyngddynt. Ânt yn eu blaen yn berffaith *annibynnol* ar ei gilydd. A'r hyn sydd yn fwy rhyfedd fyth yw fod y glust (gerdd-rol) yn gallu dewis allan, o'r llu o donnau sydd yn ei chyrraedd, y rhai hynny a berthyn i ryw un offeryn arbennig, ac i glustfeinio yn unig ar hwnnw, os mynnir. Yn hyn o beth y mae'r glust yn fwy cywrain o lawer na'r llygad. Fel y gŵyr pawb, cymysgedd yw goleuni "gwyn," goleuni'r haul, dyweder, o wahanol fathau o donnau: hynny yw, o wahanol liwiau, ond ni all y llygad noeth ddadelfennu'r goleuni i'w wahanol liwiau fel y gall y glust ei wneuthur gyda chymysgedd enfawr o wahanol fathau o seiniau. Yn wir, po lwyraf y ceisiwn astudio'r glust a'i gallu, dyfnaf oll yw ein syndod at ei chywreinrwydd, a mwyaf oll yw ein hedmygedd ohoni fel dyfais.

## NATUR SAIN

Ymysg pethau eraill, galwyd sylw yn y bennod o'r blaen at gywreinerwydd nodedig y glust, a'r gallu rhyfedd sydd ganddi i dderbyn tonnau sŵn a'u dehongli fel sain soniarus neu dwrw anhyfryd. Bwriadwn yn y bennod hon edrych yn fwy manwl i natur sain bersein-iol ac i rai o'r egwyddorion a orwedd dan gyfansoddiad nodyn cerddorol.

Arbrawf syml a deifl ffrwd o oleuni ar y materion yma yw hwn. Cymryd olwyn gocos debyg i'r rhai a geir mewn cloc a threfnu i'w throï yn gyflym ar ei hechel. Gosod yn awr gerdyn tenau i gyffwrdd yn ysgafn â dannedd yr olwyn, a dechrau ei throï yn araf deg. Clywir cyfres o guriadau yn dilyn ei gilydd yn glir a *rheolaidd*. O barhau i droi'r olwyn yn gyflymach, gyflymach, fe sylwir bod yr ysbaid byr rhwng y curiadau yn graddol leihau, ac yn fuan y maent megis yn ymdoddi i'w gilydd. Ni ellir mwyach glywed y curiadau unigol—ond clywir *sain* neu *nodyn o gywair tra isel*. Fe ddigwydd hyn pan fo cyflymder yr olwyn yn gyfryw ag i gynhyrchu tua 25 o guriadau mewn eiliad. Trwy barhau i gyflymu troadau'r olwyn, gellir dangos yn rhwydd fod cywair y sain yn graddol *esgyn*, a gellir yn y modd hwn, trwy droi'r olwyn yn gyflym, gynhyrchu nodyn o gywair mor uchel fel mai gwich anhyfryd ac ansoniarus a glywir gan y glust.

Dysgir oddi wrth yr arbrawf syml hwn, ac arbrofion cyffelyb, nifer o egwyddorion pwysig. Dyma bedwar ohonynt:

1. Yr hyn sydd yn cyfansoddi nodyn perseiniol yw nifer luosog o donnau yn cyrraedd ein clust yn *fynych a rheolaidd*.

2. Po *fynychaf* y tonnau, *uchaf* yw cywair y nodyn.

3. Ni ellir clywed sŵn fel sain gerddorol a pherseiniol oni bydd o leiaf bump ar hugain o donnau yn cyrraedd y glust yn rheolaidd bob eiliad.

4. Os bydd curiadau'r tonnau uwchlaw rhyw 5,000 mewn eiliad, yna gwich anhyfryd a glywir; ac os bydd hynny dros oddeutu 30,000, yna ni chlywir dim. Y mae'r nodyn yn rhy uchel ei gywair i'w ganfod gan y glust ddynol.

Cymerwn y pedair egwyddor uchod yn yr un drefn.

(1) Gallwn yn awr ateb cwestiwn a awgrymwyd yn flaenorol, sef: Beth yw'r gwahaniaeth hanfodol rhwng sŵn melodaidd tant telyn a thwrw anhyfryd trol ar heol garegog? Sylwn ar y tant ar ôl ei daro. Y mae'n ysgogi'n gyflym o un ochr i'r llall yn *hollol reolaidd*. Y mae'r tonnau a gynhyrchir ganddo yn yr awyr gan hynny yn cyrraedd y glust gyda'r un rheoleidd-dra. Clywir felly sain hyfryd. Ond am dwrw'r drol ar yr heol, nid oes na threfn na rheol o gwbl ynglŷn â'r tonnau sŵn a gynhyrchir ganddi hi, ac felly poenus yw'r effaith ar ein clust. Fel enghreifftiau ychwanegol o'r modd y mae rheoleidd-dra curiadau yn cynhyrchu

sain gerddorol, ni a nodwn rai sydd yn gorwedd ychydig y tu allan i gylch cyffredin astudiaeth y cerddor. Er hynny, y maent yn ddiddorol ac addysgiadol.

Diamau fod y darllenydd wedi sylwi na chlywir y gacynen neu'r gwybedyn yn suo *ond pan fo'n ehedeg*. Y foment y disgynno ar y ddeilen neu ar y ffenestr— diflanna'r sŵn. Y rheswm yw nad *gwddf* y creaduriaid bychain hyn yw ffynhonnell y sŵn (fel y tybia rhai, efallai) ond yn hytrach, symudiadau cyflym eu hadenydd. Curant eu hadenydd tua chant neu ddau o weithiau mewn eiliad, ac felly clywir nodyn mwy neu lai perseiniol. Nid yw ysgogiadau adenydd adar yn ddigon cyflym a mynych i'r gwahanol guriadau ym-doddi i'w gilydd a ffurfio sain. Yng nghuriadau adenydd y su-aderyn (*humming-bird*) yn unig y ceir y cyflymder angenrheidiol.

Eto, ceir llyfrau yn aml wedi eu rhwymo mewn lliain *rhesog*. Pan dynner blaen yr ewin yn gyflym ar draws clawr llyfr o'r fath, fe glywir nodyn sydd â'i gywair yn dibynnu ar gyflymder y bys. Eglurhad cyffelyb sydd i si gown sidan neu siffrwd llofrau cordyrôi. Clywir yr un peth gyda darn o galico os rhwygir ef. Yr hyn a ddigwydd yw bod y llinynnau sydd yn ei gyfansoddi yn cael eu torri yn rheolaidd y naill ar ôl y llall. Clywir mewn canlyniad sain, sydd â'i chywair yn dibynnu ar gyflymder y rhwygiad a lluosogrwydd y llinynnau.

Gyda golwg ar yr ail egwyddor uchod—"po fynychaf y tonnau, uchaf yw cywair y nodyn," sylwer ar y ffeithiau: Cynhyrchir y C canol ar y piano gan oddeutu 260 o guriadau mewn eiliad; y nodyn isaf yn y bas (A) gan

27, a'r nodyn uchaf yn y trebl (A) gan tua 3,500. Yn nodyn uchaf y piccolo ceir tua 4,700 o donnau mewn eiliad. Y tu hwnt i'r mynychder olaf hwn y mae'r nodyn yn rhy fain a gwichlyd i effeithio'n swynol ar y glust, a gellir dywedyd bod holl seiniau cerddoriaeth yn gorwedd rhwng y terfynau o 25 i 5,000 o guriadau mewn eiliad.

Diddorol hefyd yw'r rhestr ganlynol (a roddir gan Blaserna) o derfynau cyffredin lleisiau dynion a merched:

Bass	o E = 82	i D = 293
Baritôn	o F = 87	i F $\sharp$ = 370
Tenor	o A = 109	i A = 435
Contralto	o E = 164	i F = 696
Mezzo	o F = 174	i A = 870
Soprano	o A = 218	i C = 1044

Dyma beth a ddaeth i'm sylw rai blynyddoedd yn ôl, ac sydd yn enghraifft dda o'r bedwaredd egwyddor a roddwyd. Ar ddiwrnod tesog yn yr haf, yr oeddwn yn cyd-gerdded â hen wŷr ar draws cae yn ymyl Borth y Gest, ger Porthmadog. Ni allwn lai na sylwi bod y ceiliogod rhedyn mewn hwyl fawr ac yn llenwi'r awyrgylch â'u gwichiadau aflafar. Ebe fi: "Onid yw'r creaduriaid bach yma bron â byddaru dyn?" Atebodd yr hen wŷr, "Pa greaduriaid?" "Wel, y ceiliogod rhedyn yma sydd wrth y cannoedd o'n cwmpas. Mae eu sŵn yn llenwi'r awyr." Er fy syndod deëllais fod fy nghydymaith yn hollol fyddar i'r sŵn hwn. Yr oedd cywair eu nodyn yn rhy uchel i fod o fewn terfynau ei glyw *ef*, er bod ei glyw yn

berffaith i seiniau cyffredin y llais. Y mae'r hanesyn hwn yn enghraifft dda o'r ffaith fod terfyn uchaf y clyw yn graddol ddisgyn fel y mae henaint yn agosáu. A chyda llaw, diddorol yw sylwi nad â'i lais y cân y ceiliog rhedyn ond â'i goesau! Oblegid trwy rwbio ei goesau danheddog yn ei gilydd y cynhyrcha'r creadur bychan hwn ei sain, ac y sieryd â'i gyfeillion!

## Y RADDFA GERDDOROL

FE ŵyr y darllenydd yn dda fod pob cân, pob darn o gerddoriaeth, melodi a chynghanedd, wedi eu sefydlu a'u hadeiladu ar ris neu raddfa gerddorol. Meddylier am y llinell gyntaf yn yr alaw, "Hen wlad fy nhadau." O'i newid mewn nodyn neu ddau gellir ei hysgrifennu fel hyn:

{:d |<sup>m</sup> :r :d |s :f :m |d' :d' :l .t |d' ||

Gwelir bod yma wyth nodyn gwahanol, sef *d*, *r*, *m*, *f*, *s*, *l*, *t*, *d'*. Ffurfia'r rhestr hon yr hyn a elwir y *raddfa* neu y *ris cerddorol*, a'r raddfa hon a ddefnyddir y dyddiau hyn gan gerddorion ym mhob gwlad wâr. Gelwir hi y *raddfa ddiatonig*.

Gŵyr pob plentyn ysgol fod y nodau hyn yn dilyn ei gilydd o ran cywair mewn modd arbennig, ac fe all lamu o *doh* i *soh*, neu o *lah* i *re* heb unrhyw betruso nac anhawster.

Yn araf iawn y daethpwyd i fabwysiadu'r raddfa hon yn ei ffurf bresennol. Y mae gwahaniaeth pwysig rhyngddi a'r grisiau cerdd a ddefnyddid gan yr hen Roegwyr yn amser Pythagoras yn y chweched ganrif cyn Crist, neu gan Ambrose, Esgob Milan (340-397 A.D.), neu gan y Pab Gregori Fawr (540-604 A.D.), neu gan Palestrina yn yr unfed ganrif ar bymtheg. Dyna'r rheswm fod y côr-ganeuon gregoraidd a cherddoriaeth Palestrina yn taro'n ddieithr i'n clustiau ni y dyddiau hyn.



Ni chaniatâ gofod i mi geisio dilyn hanes *datblygiad* y raddfa gerddorol gyffredin. Yr hyn y mae arnaf eisiau ei egluro a'i bwysleisio ynglŷn â hi yw: Allan o'r mil-oedd gwahanol nodau hynny y gallesid eu gosod o fewn cylch yr "wythfed" (*octave*), *ni ddewisir yn naturiol gan y glust* ond yr ychydig nodau hynny sydd yn dal perthynas *syml* â'i gilydd o ran rhif eu tonnau.

Er gweled ystyr hyn yn fwy eglur, sylwer ar y ffeithiau a ganlyn. (Y mae'r darllenydd eisoes yn deall bod cywair pob nodyn yn dibynnu ar fynychder ei donnau; po fwyaf o donnau mewn eiliad a gynhyrchir gan yr offeryn, uchaf fydd cywair y sain.) Yn awr, y naid (*interval*) symlaf yn y raddfa yw'r wythfed, ac fe welir y berthynas rhwng y ddau nodyn wrth gofio bod *dyblu* nifer y tonnau yn peri i'r nodyn esgyn wythfed mewn cywair, o *doh* i *doh*<sup>1</sup> dyweder. A'r un modd trwy amlhau mynychder yr ysgogiadau yn ôl y cyfartaledd  $\frac{3}{2}$ , esgyn y sain drwy'r naid a elwir y pumed, sef o *doh* i *soh*. Ar ôl hyn o eglurhad, gall y darllenydd ddeall yn rhwydd ystyr y rhestr ganlynol:

$$\begin{array}{cccccccc} \frac{d}{d} & , & \frac{r}{d} & , & \frac{m}{d} & , & \frac{f}{d} & , & \frac{s}{d} & , & \frac{l}{d} & , & \frac{t}{d} & , & \frac{d'}{d} \\ \frac{1}{1} & , & \frac{9}{8} & , & \frac{5}{4} & , & \frac{4}{3} & , & \frac{3}{2} & , & \frac{5}{3} & , & \frac{15}{8} & , & \frac{2}{1} \end{array}$$

Sylwer mai perthynasau *syml* (*simple ratios*) ydynt oll. *Rhai SYML fel hyn yn unig y gall y glust eu goddef*. Pe byddai'r berthynas rhwng y nodau heb fod yn syml, megis  $\frac{53}{37}$  neu  $\frac{69}{50}$ , yna anhyfryd i'r glust ac annerbyniol iawn ganddi fyddai naid o'r fath.

Pwysig hefyd yw sylwi bod y nodau hynny sydd gyda'i gilydd yn ffurfio'r cytgorod mwyaf swynol, sef  $d, m, s, d'$ , yn perthyn i'w gilydd o ran rhif eu tonnau yn ôl y ffigurau syml  $4 : 5 : 6 : 8$ .

Yr un modd yn hollol ag y mae symlrwydd a chymesuredd mewn adeiladwaith ac arluniaeth yn apelio at y llygad ac yn ei foddhau, felly hefyd y seiniau hynny sydd yn dal perthynas syml â'i gilydd o ran mynychder y tonnau a rydd y mwynhad llawnaf i'r glust.

Tybiwn, unwaith eto, fod y nodyn isaf yn y raddfa— y cyweirnod  $doh$  yn cael ei gynhyrchu gan dant sydd yn ysgogi dyweder 240 o weithiau mewn eiliad. Darlunir gan y rhestr a ganlyn rif yr ysgogiadau sy'n nodweddu'r seiniau eraill yn y raddfa.

$d$	$r$	$m$	$f$	$s$	$l$	$t$	$d'$
240	270	300	320	360	400	450	480

Gwêl y darlennydd fod y rhestr hon yn hollol gyson â'r un a roddwyd yn flaenorol. Sylwer, er enghraifft, fod

$$\frac{s}{d} = \frac{360}{240} = \frac{3}{2}$$

fel y dylai fod. A'r un modd

$$\frac{d'}{d} = \frac{480}{240} = \frac{2}{1}$$

ac felly ymlaen.

Yn awr, gofidus gennyf orfod dywedyd, er mai'r raddfa uchod yw'r un sydd yn *apelio'n naturiol at y glust*, ac er mai yn ôl hon y cân y cerddor, ac y chwery'r crythor pan fo *heb* gyfeilydd gyda'r piano, nid hon yn hollol yw'r raddfa a geir ar y piano ac ar yr organ ac offerynnau nodol (*keyed*) eraill. Oblegid er mwyn amrywiaeth

y mae dernyn o gerddoriaeth yn cynnwys nifer o *draws-gyweiriadau*. Er mwyn caniatáu gwneuthur y traws-gyweiriadau hyn yn ôl y raddfa naturiol (*true intonation*), golygai hynny fod i'r piano ac i'r organ gannoedd o wahanol nodau (*keys*) o fewn eu cylch presennol. Amhosibl fyddai chwarae offerynnau o'r fath. Rhaid rhoi heibio'r raddfa naturiol a derbyn un "annaturiol" a chelfyddydol. Rhennir yr *octave* yn ddeuddeg rhan, y cwbl yr un faint. Gelwir y raddfa hon *the equal temperament scale*, a hon a geir ar y piano a'r organ.

Darlunir y prif nodau ynddi fel hyn:

d	r	m	f	s	l	t	d'
240	269 <sup>2</sup> / <sub>5</sub>	302 <sup>2</sup> / <sub>5</sub>	320 <sup>2</sup> / <sub>5</sub>	359 <sup>3</sup> / <sub>5</sub>	403 <sup>3</sup> / <sub>5</sub>	453	480

Y mae'r symlwrwydd perffaith sydd yn nodweddu'r raddfa naturiol yn absennol o hon. ●nd yn ffodus, nid yw'r gwahaniaeth rhyngddynt yn fawr. Erbyn hyn y mae ein clustiau wedi cynefino â'r raddfa gelfyddydol "annaturiol" hon, ac nid oes braidd neb yn sylweddoli yr hyn a gollwyd mewn gwir a pherffaith gytgord pan roddwyd o'r neilltu y raddfa naturiol.

Yr ydym eisoes wedi dywedyd nad yw'r glust yn mwynhau trefniant y nodau *mewn melodi* ond pan fo'r nodau yn perthyn *yn syml* i'w gilydd o ran mynychder y tonnau a'u cyfansodda. Nid oes eglurhad boddhaol ar hyn, ond y mae eglurhad boddhaol wedi ei roi gan Helmholtz ar fod rhai nodau, o'u seinio gyda'i gilydd (*C* ac *G*, neu *C* ac *E*) yn ffurfio cytgord swynol i'r glust, tra y mae nodau eraill (*C* a *C#*) gyda'i gilydd yn anhyfryd iawn i wrando arnynt. Dyma'r eglurhad:

Tybier bod dwy seinfforch yn *hollol gytsain* yn cael eu seinio a'u dal ochr yn ochr yn ymyl y glust. Clywir sŵn hyfryd, sŵn gwastad, cyson a boddhaus. Y mae'r ddwy fforch yn parhau i gyd-ysgogi, i gyd-gerdded megis, gam a cham, gan gynorthwyo'i gilydd bob moment. Ond os caiff cywair un ohonynt ei ostwng ychydig trwy ddodi dernyn o gŵyr ar ei phigau, sŵn anhyfryd a glywir ar y ddwy fforch. Y mae'r sain megis yn *crynu*, weithiau'n gryf, weithiau'n wan. Y rheswm am hyn yw: Tybiwn fod un fforch (C<sub>2</sub>) yn ysgogi 500 o weithiau mewn eiliad, a'r llall (C) 480. Y mae'r gyntaf, felly, yn ennill ar yr ail ugain o ysgogiadau bob eiliad. Eglur gan hynny yw bod pigau'r ffyrch ar rai adegau yn symud yn yr un modd (i gyfeiriad ei gilydd, dyweder), tra ar adegau eraill y maent yn ysgogi mewn modd gwrthgyferbyniol—pigau un fforch yn agosáu, a phigau'r llall yn pellhau. Mewn geiriau eraill, y mae'r seinffyrch ar rai adegau yn cryfhau sŵn ei gilydd, ond ar adegau eraill yn gwanhau ei gilydd. Y mae'n amlwg, gan hynny, y bydd y sŵn weithiau yn gryf ac weithiau yn wan, yn crynu neu yn curo ugain o weithiau bob eiliad. Yn awr, yn ôl Helmholtz, y mae'r curiadau (*beats*) hyn, y cryndod yn nerth y sŵn, yn anhyfryd iawn i'r glust, ac oherwydd hynny yn cynhyrchu yr hyn a elwir anghytgord (*dissonance*). Nid oes amheuaeth nad yw'r eglurhad hwn yn gywir.

Dychmygaf glywed y darllenydd yn gofyn yn awr: Onid yw effaith cyffelyb yn digwydd pan seinier *doh* (480) a *soh* (720)? Oni fydd nerth y sŵn yn crynu 720-480, sef 240 o weithiau bob eiliad? Atebwn, y

bydd. Ond y mae gwahaniaeth pwysig rhwng yr esiempl hon a'r un flaenorol (C a C<sub>z</sub>). Ni all y glust ddilyn yr ysgogiadau hyn yng nghryfder y sŵn pan fônt mor gyflym â 240 mewn eiliad, ac felly ni chynhyrchir unrhyw effaith anhyfryd ar y glust. Yn hytrach y mae'r ddau nodyn hyn gyda'i gilydd yn ffurfio cytgord neilltuol o swynol fel y gŵyr y darlennydd yn dda.

Er mwyn pwysleisio'r egwyddor hon—fod anghytgord i'w briodoli i *beats*, i ysgogiadau yn nerth y sŵn, caniatâer i mi ddywedyd gair ar effaith debyg ynglŷn â'r llygad.

Tybier ein bod mewn ystafell dywyll, a bod llusern drydan yn taflu pelydr o oleuni cryf a llachar ar y pared gwyn. Tra erys y goleuni yn sefydlog, gallwn syllu arno heb flinder i'r llygad, ond os trefnir i'r goleuni fynd a dod bump o weithiau, dyweder, mewn eiliad, yna blin ac annymunol iawn yw edrych ar y pared. (Tebyg yw hyn i effaith *doh* a *de* gyda'i gilydd ar y glust.) Os trefnir i'r goleuni fynd a dod 20 neu 30 o weithiau mewn eiliad, yna nid yw *effaith* un ffach wedi diflannu cyn dyfod yr un nesaf, ac felly ni chenfydd y llygaid yr ysbaid byr o dywyllwch rhwng y ffachiadau. Y mae'r llewych ar y pared yn *ydddangos* yn awr yn hollol ddi-dor, ac o ganlyniad, nid yw'n flin i'r llygad syllu arno. Nid rhaid dywedyd mai hon yw'r egwyddor sydd wrth wraidd y "darluniau byw" yn y cinema.

## CYD-YSGOGIAD

BWRIADWN yn y bennod hon ymdrin ag un o'r egwyddorion pwysicaf a mwyaf diddorol yn holl gylch gwyddoniaeth. Gweithreda yn nhiriogaeth peiriannaeth, goleuni, trydan a sŵn. Collwyd bywydau mewn canlyniad iddi, ac fe achubir bywydau yn barhaus drwyddi. Daeth y lleuad i fod o'i herwydd. Beth, gan hynny, yw'r egwyddor dreiddgar hon? Yr ateb yw—egwyddor cyd-ysgogiad, *sympathetic vibration* neu *resonance*.

Cyn ceisio egluro'r egwyddor, priodol fydd rhoi ychydig enghreifftiau o'i gwaith.

1. Rai blynyddoedd yn ôl yr oedd cwmpeini o filwyr yn croesi pont ynghrog ar gadwyni uwchben afon. Fel y ceir egluro ymhellach ymlaen, daeth egwyddor cyd-ysgogiad ar waith, cwmpodd y bont, a chollwyd bywydau gwerthfawr.

2. Gosodir yn aml i sefyll ar gaead y piano wrthrychau bychain, megis darlun mewn ffrâm neu lestr bychan i ddal blodau. Diamau gennyf fod y darlennydd wedi sylwi bod y gwrthrychau hyn weithiau yn siglo, yn crynu, yn rhuglo yn anhyfryd pan chwaraeir yr offeryn. Ond yr hyn sydd yn bwysig iawn i sylwi arno yw—ni chynhyrchir y sŵn anhyfryd hwn *ond pan seinio rhyw un tant arbennig*. Nid yw tannau eraill yr offeryn yn cael unrhyw ddylanwad ar y gwrthrych.

3. Eto, diamau fod y darllenydd lawer gwaith wedi sylwi ar effaith cyffelyb mewn adeilad lle y mae organ gref. Pan seinio rhyw nodyn arbennig ar y pedalau, yna ysgytir yn rymus un o'r ffenestri neu un o'r planciau yn y llawr.

4. Y mae'r rhai hynny sydd yn cymryd diddordeb yng nghyngherddau'r B.B.C. yn gwybod yn dda na ellir clywed y cyngerdd o Gaerdydd, dyweder, oni fydd eu trefniadau hwy wedi eu "tiwnio" i ateb i'r tonnau trydan a anfonir allan gan Gaerdydd. Egwyddor cyd-ysgogiad sy'n gweithio yn y pethau hyn i gyd.

Ceisiwn egluro'r egwyddor drwy gyfrwng pendil syml, sef pelen fechan drom ynghrog wrth llyn tua llathen o hyd. Gellir gwneuthur gyda'r trefniant syml hwn nifer o arbrofion da.

(1) Tynnu'r belen ychydig i un ochr ac yna gadael iddi fynd. Y mae'n ysgogi yn rheolaidd o un ochr i'r llall gan wneuthur nifer arbennig o guriadau yn ystod pob munud, y nifer hwn yn dibynnu ar hyd y pendil. Sylwer hefyd fod yr ysgogiadau (oherwydd rhwbiad yr awyr) yn graddol leihau, ac ymhen ychydig amser bydd y pendil yn llonydd, a'r ysgogiadau wedi llwyr beidio. Gelwir y math yma ar ysgogiad yn *ysgogiad rhydd*.

Fel esiamplau o hyn mewn cerddoriaeth, gellir nodi seinfforch, tannau'r delyn a llinynnau'r piano wedi eu taro.

(2) Eto, gŵyr y darllenydd fod pendil yn ffurfio rhan bwysig o bob cloc wyth niwrnod. Y pendil sydd yn rheoli symudiadau'r bysedd. O fyrhau'r pendil y

mae'n ysgogi'n gyflymach a'r cloc yn ennill. Estyn hyd y pendil, ac y mae'r cloc yn colli. Ond paham nad yw ysgogiadau pendil y cloc yn graddol leihau nes peidio'n llwyr fel y gwnânt gyda'r pendil syml y cyfeiriwyd ato eisoes? Am fod dyfais gywrain yn y cloc, trwy'r hon y mae'r pendil yn cael hergwd fechan yn ystod pob ysgogiad, ddigon i wrthweithio effaith rhwbiad yr awyr. Daw'r grym hwn i fod trwy gyfrwng disgyn y pwysau neu nerth y sbring. Felly, er bod y pendil yn gwneuthur ei ysgogiadau *naturiol*, nid ysgogiadau *rhydd* ydynt ond ysgogiadau yn cael eu *cynnal*. Fel esiamplau o'r math yma o ysgogiadau mewn cerddoriaeth gellir nodi:

(a) Y crwth: Symudiad y bwa ar draws y tant sydd yn cynnal sigliadau'r llinyn.

(b) Pibell organ: Cynhyrchir y sŵn gan ysgogiadau yr awyr oddi mewn i'r bibell; ond yr hyn sydd yn *cynnal* y sigliadau yw'r llif o awyr o'r fegin yn taro yn erbyn "gwefus" fniog y bibell. Y foment y paid y llif awyr, yr un foment paid y sŵn.

(c) Y llais dynol: Llif o awyr o'r ysgyfaint sydd yn cynhyrchu ac yn cynnal ysgogiadau'r llinynnau llais.

(3) Trown eto at ein pendil syml a gafael yn y belen â'r llaw. Yna ei hysgwyd ôl a blaen o un ochr i'r llall yn rheolaidd, yn gyflym neu yn ara' deg fel y dymuner. Sylwer bod mynychder yr ysgogiadau yn dibynnu arnom ni ac nid ar y pendil ei hun. Y mae'r pendil yn cael ei *orfodi* i ysgogi yn unol â'n dymuniad ni. Nid ysgogiadau *rhydd* ydynt yn awr ond ysgogiadau *gorfod*.



Fel esiampl o hyn yn athroniaeth sŵn, cymerer seinfforch fechan gyffredin. Seinier hi a'i dal yn y llaw. Ychydig o sŵn a glywir oherwydd bod pigau meinion y fforch yn ymlithro'n rhwydd drwy'r awyr ac felly yn anabl i gynhyrchu tonnau sŵn yn yr awyr. Ond os pwysir coes y fforch ar y bwrdd, yna, fel y gŵyr pawb, clywir y sŵn yn eithaf rhwydd am y rheswm fod y bwrdd yn cael ei *orfodi* i ysgogi gyda'r fforch, ac oherwydd maint arwynebedd y bwrdd trosglwyddir y sŵn o'r bwrdd i'r awyr, ac felly i'r glust. A sylwer bod y bwrdd yn gweithredu yr un mor llwyddiannus beth bynnag fo cywair y fforch.

Rhaid sylwi'n ofalus ar un peth yn yr eglurhad uchod, sef bod *ysgogiadau gorfod* yn dod i weithredu pan fo un gwrthrych yn dylanwadu ar wrthrych arall. Gellir galw y gwrthrych cyntaf—y *gyrrwr*, a'r ail, y *derbynnydd*. Yn awr, beth fyddai'r canlyniad pe digwyddai *i fynychder ysgogiadau'r gyrrwr fod yn hollol yr un â mynychder ysgogiadau naturiol y derbynnydd?* Yr atebiad yw y byddai i'r gyrrwr gynhyrchu ysgogiadau *grymus neilltuol* yn y derbynnydd. Yr ydym wedi dod at gnewyllyn y bennod hon, ac er mwyn taflu goleuni pellach ar y mater awn yn ôl eto at y pendil. Tybiwn y tro hwn fod y pendil yn un mawr a thrwm iawn—sachaid o wenith, dyweder, ynghrog wrth raff. A yw'n bosibl i blentyn bychan beri i'r pendil hwn siglo ar draws yr ystafell trwy gyffwrdd ag ef yn unig â'i fys? Ydyw, yn sicr, ond mynd ati fel hyn: Pwyso ar y sach â'r bys. Nid oes fawr o effaith, ac eto y mae effaith bychan, ac fe welir y pendil yn siglo o ochr i ochr trwy ryw fodfedd efallai. Yn awr, pwyso ar y sach

*bob tro y mae yn mynd oddi wrthych*—yn hollol reolaidd. Y mae'r sigliadau yn cynyddu'n barhaus, ac ond rhoddi'r ergydion gweiniaid hyn bob tro *yn yr amser priodol*, gellir gwneuthur i'r pendil ysgogi ar draws yr ystafell. Wele'r egwyddor: y plentyn yw'r gyrrwr, y sach yw'r derbynnydd, ac y mae'r plentyn wedi llwyddo i gynhyrchu'r sigliadau grymus hyn *trwy drefnu ei ergydion gweiniaid ef i ateb yn hollol i ysgogiadau naturiol y pendil*. Gelwir y math yma ar ysgogiadau—*cyd-ysgogiad (sympathetic vibration neu resonance)*.

Yn nechrau'r bennod nodwyd pedair esiampl o waith egwyddor cyd-ysgogiad, a chredaf fod yr eglurhad yn awr yn amlwg i bawb. Drylliwyd y bont, er enghraifft, am fod camau rheolaidd y milwyr yn cyfateb yn hollol i sigliadau naturiol y bont. O ganlyniad, dechreuodd y bont siglo yn frawychus nes llithro o'r cadwyni oddi ar y pileri a chwympo o'r bont a'r milwyr i'r dyfnder islaw. Oherwydd y digwyddiad uchod, pan ddaw catrawd o filwyr at bont, gorchmynnir iddynt "dorri eu cam" a cherdded "rywsut rywsut" wrth groesi'r bont.

Gofynnir yn aml—sut y mae'n bosibl derbyn cyngherddau diwifr o Lundain, Manceinion neu Gaerdydd ar yr un offeryn, a newid o un i'r llall fel y mynner? Yr ateb yw mai yn rhinwedd egwyddor cyd-ysgogiad. Anfonir y miwsig o Daventry ar adenydd tonnau trydan o 1554 metrau; Caerdydd, 310 metrau; Manceinion, 480 metrau. Felly, er mwyn derbyn y cyngherddau o Gaerdydd, dyweder, ni raid ond "tiwnio" y derbynnydd i ateb i donnau trydan o faintioli arbennig sef 310 metrau.

Esiampl gampus o egwyddor cyd-ysgogiad yw hon. Tybio bod gennym ryw fath o delyn yn cynnwys tri thant. Dynodwn hwy â'r llythrennau L, M, N. Tybio hefyd fod cywair L a M yn hollol yr un fath, a bod cywair N ychydig yn uwch, hanner tòn dyweder. Taro yn awr y tant L, ac ar ôl aros am eiliad neu ddau gafael ynddo er mwyn atal ei sain. *Fe sylwir bod y sŵn yn parhau, a'i fod yn dylifo allan o M.* Gwelir bod y "gyrrwr" L wedi llwyddo i gynhyrfu'r "derbynnydd" M *oherwydd eu bod yn gytsain â'i gilydd.* Nid yw ysgogiadau L yn cael dim dylanwad ar y trydydd tant N.

Eto, pwysir i lawr y pedal de ar y piano er mwyn codi'r *dampers* oddi ar y llinynnau. Yna canu nodyn yn ymyl yr offeryn am eiliad neu ddau. Clywir yr offeryn yn canu'r un nodyn yn ôl. Ac nid atsain neu eco yw hyn, dealler, ond cyd-ysgogiad.

Diweddwn y bennod hon trwy alw sylw at y cysylltiad rhwng egwyddor cyd-ysgogiad a llais dyn. Cynhyrchir y llais i ddechrau gan sigliadau'r llinynnau llais, ond gwan ac aflafar fyddai'r sŵn pe dibynnai yn unig ar y llinynnau hyn. Ond, wrth gwrs, y mae yn y gwddf, yn y genau a'r trwyn golofnau o awyr, ac y mae ysgogiadau'r llinynnau llais yn cynhyrfu'r colofnau hyn. Amcan yr athro wrth geisio datblygu a meithrin llais ei ddisgybl yw ei ddysgu i newid ffurf a maint y colofnau awyr hyn i gryfhau a phrydferthu (trwy egwyddor cyd-ysgogiad) y sain a gynhyrchir gan y llinynnau llais.

## “LLIW” SAIN

BWRIADWN yn y bennod hon ddywedyd ychydig am y deddfau sydd yn rheoli seiniau tannau'r delyn, y piano a'r organ. Ceisiwn ateb hefyd y cwestiwn diddorol—pa fodd y gellir dywedyd *pa* offeryn sydd yn cael ei chwarae er nad ydym yn ei *weled*.

Dechreuwn gyda'r tannau. Dibynna sain tant telyn ar dri pheth: (1) hyd y llinyn, (2) ei dyndra, (3) ei braffter. Syml iawn yw'r cysylltiad rhwng hyd y llinyn a chyflymder ei ysgogiadau. Byrhaer y llinyn i *hanner* ei hyd gwreiddiol, ac y mae'n siglo *ddwy-waith* yn gyflymach nag o'r blaen. Ceir felly nodyn wythfed yn uwch na'r nodyn gwreiddiol. Byrhaer y llinyn i'r drydedd ran o'i hyd gwreiddiol, ac y mae'n ysgogi dair gwaith yn gyflymach, ac felly ymlaen. Mewn gair, po fyrraf y llinyn, cyflymaf y sigla ac uchaf yw cywair ei sain. A'r un modd hefyd, wrth dynhau'r tant, fe esgyn cywair ei nodyn. I'r gwrthwyneb, po fwyaf fo pwysau a phraffter y tant, isaf fydd ei gywair. Gwelir esiampl dda o weithiad y deddfau hyn yn y piano. Y mae'r tannau yn y trebl yn fyrrach, yn dynnach, ac yn feinach o lawer na'r llinynnau yn y bas. Daw'r un peth i'r golwg hefyd yn y delyn. Yn y crwth y mae'r pedwar llinyn oll o'r un hyd, er nad ydynt oll mor dynn nac mor braff â'i gilydd, ac y mae'n hysbys i bawb fod y crythor yn cael ugeiniau o wahanol seiniau allan o'r pedwar tant hyn trwy newid â bysedd ei law chwith hyd y rhan o'r llinyn sydd yn ysgogi.

Trown ein sylw am foment at bibelli'r organ. Dibynna'r nodyn a geir o bibell organ ar faint y bibell. Po fyrraf y bibell, uchaf fydd cywair ei sain—deddf gyffelyb i'r hon a geir gyda thannau'r delyn. Ond dylid sylwi bod rhai pibelli yn *agored* yn y pen uchaf, tra y mae eraill ynghau, ac y mae hyn yn gwneud gwahaniaeth mawr yng nghywair y nodyn. Er enghraifft, rhydd pibell wedi ei chau nodyn wythfed yn is na phibell agored o'r un hyd. Ffordd arall o ddywedyd hyn yw fod pibell wedi ei chau o 8 troedfedd a phibell agored o 16 troedfedd yn rhoi'r un nodyn. Os felly, medd y darllenydd, paham y defnyddir pibelli agored o gwbl, os gwna rhai wedi eu cau a hanner eu maint y tro. Yr ateb yw: er bod y ddwy bibell a nodwyd yn rhoi seiniau o'r un cywair, eto y mae nodyn y bibell agored o nodwedd dlysach a chyfoethocach. Y mae iddo "liw" (*quality, timbre*) gwahanol a gwell nag eiddo'r bibell sy wedi ei chau. Arweinia hyn ni at y cwestiwn diddorol a phwysig, sef ansawdd neu "liw" sain, hynny yw, y nodweddion hynny sy'n ein galluogi i *wahaniaethu* rhwng sain o *gywair arbennig* pan seinier hi gan *wahanol* offerynnau. Tybier, er enghraifft, fod y darllenydd wrth basio heibio i ryw dŷ yn clywed merch yn canu oddi mewn, a bod gwahanol offerynnau—y piano a'r crwth, dyweder—yn ei chyfeilio. Hysbys yw i bawb fod y gwrandawr oddi allan yn alluog i ddywedyd pan glywo unrhyw nodyn arbennig, pa un ai'r gantores, ai'r piano, ai'r crwth a'i "canodd." Sut felly, gan mai yr un nodyn oedd? Yr ateb yw: fod gan bob offeryn ei "liw" arbennig ei hun. Ceisiwn egluro'r rheswm am hyn.

Rhaid sylweddoli i ddechrau nad un sain seml a phur yw nodyn cerdd yn gyffredin, ond yn hytrach sain *gymysg* yw. Er mwyn hwyluso'r eglurhad, cyfyngwn ein sylw i ddechrau i un o nodau'r piano, C (256), sef y C yng nghanol y rhestr. O daro'r nodyn hwn â'r bys, dechreua'r llinyn ysgogi'n gyflym o un ochr i'r llall 256 o weithiau mewn eiliad. Wrth wneuthur hyn, ysgoga'r llinyn *fel un darn*. Ond yn ychwaneg na hyn—y mae'r llinyn hefyd yr un pryd yn ysgogi yn ddau ddarn, gan gynhyrchu sain o fynychder  $2 \times 256$ , sef 512. Hefyd yn dri darn, gan gynhyrchu sain o fynychter  $3 \times 256$ , sef 768, ac felly ymlaen. (Hwyrach y bydd atgoffa'r darllenydd o'r ffaith y gwelir crychdonnau (*ripples*) yn chwarae ar donnau mawr y môr, yn help iddo ddeall hyn.) Gan hynny, nid sain *bur* a seml o fynychder 256 yn unig yw'r sain a geir o'r llinyn, *ond sain gymysg yn cynnwys cyfres o wahanol seiniau*, ac y mae mynychder eu sigliadau yn dal y perthnasau canlynol: 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6, etc.

Gelwir y gyfres hon y *gyfres harmonïaidd*, a'r gwahanol nodau ynddi, y *cytseiniaid* (*harmonics*, neu *overtones*). Sylwer hefyd fod yr holl nodau hyn (o leiaf cyn belled â'r chweched) mewn cytgord â'i gilydd, oblegid yn y nodyn C ceir y gyfres C, C', G', C'', E'', G'' . . . Nid yw'r glust yn gyffredin yn gwrando ond yn unig ar y nodyn isaf yn y rhestr, y *sylfaen*, gan mai hwn yw'r cryfaf o lawer. Serch hynny, y mae'r nodau eraill yn bresennol, a *phresenoldeb* y nodau ychwanegol hyn sydd yn rhoi i'r sain y *timbre arbennig* a *berthyn iddo*. Hefyd, po gryfaf a lluosocaf y nodau eraill—y cytseiniaid,—cyfoethocaf a choethaf fydd y sain.

Yn awr, y mae cryfder cymharol y gwahanol gytseiniaid yn dibynnu ar amryw bethau. Yn eu mysg (1) ffurf a chaledwch y morthwyl â'r hwn y trewir y tant; (2) y pellter o ben y llinyn lle y trewir ef; (3) defnydd y llinyn, ai dur ai gyt yw; (4) y moddion a ddefnyddir i ysgogi'r tant—pa un ai trwy ei daro â “ morthwyl ” (fel yn y piano), ai trwy ei blicio â'r bÿs (fel yn y delyn), ai trwy ei rwbio â bwa (fel yn y crwth). Gwelir yn awr yn eglur y rheswm paham y mae'r fath wahaniaeth rhwng “ lliw ” seiniau'r piano, y crwth a'r delyn—y cytseiniaid sydd yn wahanol iawn yn y gwahanol offerynnau.

Nid nodau pur a syml ychwaith yw eiddo pibelli'r organ. Ynddynt hwythau hefyd ceir y cytseiniaid, ond nid yw cytseiniaid pibell agored yr un â'r rhai a geir mewn pibell wedi ei chau. Er enghraifft, yn yr olaf ni cheir ond y rhestr 1 : 3 : 5 : 7 - - - etc., tra yn y bibell agored y ceir y rhestr yn gyfan, 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 - - - etc. Dyma felly y rheswm paham y mae nodyn y bibell agored yn gyfoethocach ac yn fwy “ diddorol ” i'r glust na sain y bibell sy wedi ei chau. A'r un modd, y rheswm fod lleisiau gwahanol bersonau (o'r un rhyw, wrth gwrs) yn gwahaniaethu cymaint yw fod y *cytseiniaid* yn wahanol ynddynt. Na thybied y darllenydd mai damcaniaeth noeth yw'r eglurhad uchod. Fe ellir *profi'r* gosodiad mai *cymysgedd* yw nodyn cerdd o nifer o seiniau gwahanol. Awgrymwn i'r darllenydd wneuthur yr arbrawf canlynol:

Mynd at y piano a phwyso i lawr yn ofalus (*heb* berididdo seinio) y nodyn C' yn y trebl. Yna taro yn gryf amryw weithiau y nodyn C wythfed yn is, ac yna

godi'r bys i atal sain C. *Fe sylwir bod C' yn seinio'n gryf er nad yw wedi ei daro.* Y mae wedi ei gynhyrfu (yn rhinwedd egwyddor *cyd-ysgogiad* a eglurwyd yn y bennod flaenorol) gan y sain C' oedd yn gymysg â'r nodyn C a drawyd. Eto pwysu i lawr yn ofalus a “ distaw ” y nodyn G', a tharo C drachefn amryw weithiau yn *staccato*. Ceir clywed G' yn seinio. Neu os mynnir, pwysu i lawr yn ddistaw yr holl nodau C', G', C'', E'', G'', ac yna daro C yn gryfamryw weithiau. Ar ôl atal sain C clywir y pum nodyn uchod yn seinio gyda'i gilydd gan ffurfio cord harmonïaidd. Fe brofa hyn y gosodiad.

Gyda llaw, fe wêl y darllenydd yn awr y rheswm paham y mae pwysu i lawr y pedal de yn cryfhau sŵn y piano. Tybia llawer mai amcan y pedal de yw (trwy godi'r *dampers*) caniatáu i'r llinynnau *barhai i ysgogi* ar ôl codi'r bysedd oddi ar y nodau (hynny yw, *legato*), ond nid yw'r eglurhad yna yn gyflawn. Pan drewir cord yn y bas, yna, yn rhinwedd yr hyn a ddywedwyd uchod, y mae amryw o'r llinynnau yn y trebl hefyd yn dechrau seinio trwy eu bod yn cyd-ysgogi â'r cytseiniaid yn y nodau yn y bas. Oherwydd hynny, y mae'r cord nid yn unig yn cael ei gryfhau ond hefyd yn cael ei gyfoethogi a'i brydferthu.





RHAN III

GWYDDONIAETH  
A CHREFYDD



GWYDDONIAETH A  
CHREFYDD\*

O DDECHRAU hanes, y mae syniadau dyn am Dduw wedi eu lliwio'n ddwfn gan syniadau'r oes am y cyrff wybrennol—y sêr, yr haul, a'r planedau. Dywed un awdur (“ J.B.” y *Christian World*) yn un o'i ysgrifau:

Gellir olrhain yr enwau Ewropeaidd a chlasurol am Dduw i hen air Sanscrit am “ godiad haul.” Teml i'r haul yw Stonehenge, ac nid yw'n prif wylliau eglwysig ni y dyddiau hyn ond olion (wedi eu cristioneiddio) o arferion oedd yn bod yn nechrau hanes, a'u ffynhonnell yn symudiad y cyrff wybrennol.

Gŵyr pawb fod ein syniadau presennol am y cread yn wahanol iawn i'r rhai oedd yn ffynnu pan ysgrifennwyd ein Beibl; er hynny, rhaid cydnabod nad yw'n golygiadau diwinyddol a chrefyddol hyd yn hyn wedi llwyr gynefino â'r modd yr edrychir ar y cread a'r cyfanfyd trwy lygad gwyddoniaeth ddiweddar. Ond y mae lle i gredu bod ein harweinwyr crefyddol yn awr yn barod ac yn awyddus i osod ffeithiau a phrofiadau diymwad crefydd oddi mewn i fframwaith newydd y bydysawd rhyfedd a mawreddog y mae darganfyddiadau gwyddoniaeth wedi ei ddatguddio i ni.

Er mwyn deall llinellau fy ymresymiad, gadawer i ni fynd yn ôl rai canrifoedd—dyweder i'r flwyddyn

\* Seilir y bennod hon ar anerchiad a draddodwyd gan yr awdur mewn cyfarfod cyhoeddus yng Nghymanfa Gyffredinol y Methodistiaid Calfniaidd yng Nghapel Argyle, Abertawe, Mehefin 4, 1931.

1500 A.D. *Pa beth oedd y syniad cyffredin am y greadigaeth yr adeg honno ac am safle dyn ynddi?*

Credid bod y ddaear yn fflat ac wedi ei gosod yn ganolbwynt i'r cread. O amgylch y ddaear, mewn cylchau perffaith, ymlwybrai'r haul, y lleuad a'r planedau, a hefyd y ffurfafen ynghyda'i theulu lluosog o sêr.

Yn ôl diwinyddiaeth yr oes honno, i fyny " yn yr awyr " yr oedd bro brydferth a elwid y Nefoedd—paradwys i'r da. Islaw y ddaear yr oedd bro arall—Uffern, " lle o boen i gosbi pechod." Mewn gair (fel y dywed y Deon Inge), adeilad o dair llofft, o dri llawr, oedd y cread: y Nefoedd, y Ddaear, ac Uffern.

Credid hefyd fod yr haul, y lleuad a'r planedau, yn cael eu harwain yn barhaus gan allu dwyfol yn eu cylchdro o amgylch y ddaear. I'w tyb hwy, yr oedd ymyrraeth wyrthiol â symudiadau'r cyrff wybrennol yn beth eithaf posibl, fel y gellir gweled oddi wrth yr hanesion Beiblaidd am Josua a safiad yr haul: " A'r haul a arhosodd, a'r lleuad a safodd, nes i'r genedl ddial ar eu gelynyion " (Jos. x, 13). Hefyd, yr hanes tlws am y brenin Heseċia, a dychweliad cysgod yr haul ddeg o raddau ar y deial (2 Bren. xx, 11).

Eto, credid bod y miloedd gwahanol rywogaethau o anifeiliaid a llysiâu wedi eu creu yn hollol fel y maent yn awr, ac yr oedd yr esgob Usher mor sicr o'i bwnc (dri chan mlynedd yn ôl) fel y cyhoeddodd fod dyn wedi ei greu yn y flwyddyn 4004 c.c., ac am naw o'r gloch yn y bore!

Yna, yn y flwyddyn 1609, wele Galileo'n troi ei ddyfais newydd, y telesgôp, tua'r nen, a'r foment

honno fe ddiorseddwyd y ddaear o'i safle dybiedig fel canolbwynt y cread, a dechreuodd " gwyddoniaeth." O ddyddiau Galileo fe ehanga gwyddoniaeth derfyn-gylch ein gwybodaeth, gan ddatguddio i ni " Greadig-aeth Newydd," fwy mawreddog, fwy rhyfeddol, a llawer mwy urddasol na thair llofft yr hen ddiwinyddiaeth.

A chan fod cysylltiad agos rhwng ein syniadau am y cread a'n syniad am Dduw, rhaid i ni, mi gredaf, gytuno â'r hyn a ddywed y gwyddonydd enwog, yr Athro J. Arthur Thomson:

Dywedwn yn bendant mai un gwasanaeth mawr y mae gwyddoniaeth wedi ei wneuthur i ddyn yw rhoddi iddo syniad mwy urddasol am Dduw.

Ond cyn ymdrin gyda pheth manylder â'r syniadau newydd am y cread, gadawer i ni roi braslun byr o'r fframwaith newydd sydd wedi ei ddatguddio i ni gan Wyddoniaeth a'i gymharu â'r hen fframwaith a ddisgrifiwyd uchod.

Nid yw'r ddaear mwyach yn ganolbwynt y cread. I'r gwrthwyneb, planed fach, ddinod, ydyw, yn cylchdroi o amgylch haul sydd filiwn o weithiau'n fwy na hi. Cedwir hi yn ei chylch nid drwy weithrediad dwyfol uniongyrchol, ond gan rym disgyrchiant.

Nid yw'r haul eto ond aelod di-sylw o deulu o ryw 2,000,000,000 o heuliau eraill, a'r cwbl yn ffurfio sistem fawreddog (y Sistem Alactig) a ganfyddir ar noson glir yn croesi'r wybren—y " Llwybr Llaethog." Ac nid yw'n hollol amhosibl bod amryw o'r milynau hyn o heuliau yn berchen ar blanedau tebyg i'n

daear ni ac arnynt, efallai, fodau ymwybodol yn byw, yn pechu ac yn marw—mewn gair, dynion. Mwy na hyn, nid yw'r gyfundrefn yma o sêr ond un o filiynau o gyfundrefnau cyffelyb sydd ynghrog yma ac acw yn y gwagle diderfyn.

Eto, yn ôl gwyddoniaeth ddiweddar, yn lle bod y ddaear wedi ei chreu 6,000 o flynyddoedd yn ôl, fe'i ganwyd hi allan o'r haul eirias oddeutu dwy fil o filiynau o flynyddoedd yn ôl, a hynny, fel yr eglurwyd yn y drydedd bennod, trwy ymweliad damweiniol seren fawr arall—seren a dynnodd dameidiau allan o'r haul, drwy rym disgyrchiant, a'r rhain wedyn, yn eu tro yn oeri a chaledu, gan ffurfio'r naw planed yng Nghysawd yr Haul.

Felly, ar ddydd ei geni, yr oedd y ddaear yn eirias-boeth, ac nid cyn pen miliynau o flynyddoedd yr oedd hi wedi oeri digon i grystyn caled y creigiau ffurfio ar ei hwyneb. Hyd yn oed yn awr, fe bery llawer o'r gwres gwreiddiol hwn yng nghrombil y ddaear, fel y dangosir gan fwg a tharth y llosg-fynyddoedd.

Parhau i oeri a wna'r ddaear yn awr, ac oherwydd hynny crebachu a chilio a wna'r croen tenau ar ei hwyneb. A dyna'n hollol yw'r daeargrynfâu sydd mor ddifrifol eu canlyniadau. Nid ymyriad y Brenin Mawr mohonynt.

Wedi i'r ddaear oeri digon, ymddangosodd arni hadau cyntaf ac isaf bywyd, ac o'r rhai hyn, trwy rinwedd egwyddor fawr *Datblygiad*—a ddarganfuwyd gan Wallace a Darwin—fe gododd, yn nhreigliad yr oesau, amrywiol rywogaethau'r llysiau ac anifeiliaid sydd yn harddu wyneb ein daear, ac yn eu plith *dyn*.

Mewn gair, er amser Darwin, ni a gredwn na *chrëwyd dyn mewn un act* ar lun a delw Duw, ond yn hytrach mai coron a gogoniant cwrs mawr datblygiad yw, ac na raid cywilyddio wrth ddeall bod hynafiaid agos yr hil ddynol yn greaduriaid y goedwig a heb fod yn annhebyg i epa.

Yn olaf, yn lle credu gyda'r hen ddiwinyddion fod diwedd y byd a dydd y farn yn agos, dysgir ni yn awr y gallwn edrych ymlaen at barhad bywyd dyn ar y ddaear am filiynau lawer o flynyddoedd eto, gyda phosibilrwydd o gynnydd materol, meddyliol ac ysbrydol ymhell y tu hwnt i'n breuddwydion.

Ond, yn ddi-os, fe ddaw'r diwedd, oblegid y mae'r haul yn graddol oeri, ac fe ddaw'r dydd pan na fydd ei wres yn ddigon, mwyach, i gynnal bywyd dyn ar y ddaear.

Dyna, yn fyr, yw'r ffrâm newydd a ddatguddir gan wyddoniaeth y dyddiau hyn, ac oddi mewn i'r hon y cais ein harweinwyr crefyddol heddiw ffio'n daliadau diwinyddol a chrefyddol.

Yn y fan hon, nid amhriodol fydd gair ar derfynau gwyddoniaeth. Nid oes gan wyddoniaeth ei hun ddim i'w ddywedyd am ffeithiau mawr a sylfaenol crefydd. Ni all gwyddoniaeth brofi'r bod o Dduw. Ac y mae'r un mor wir na all ei wadu. O'r tri gwerth sylfaenol—gwirionedd, prydferthwch a daioni—nid yw gwyddoniaeth yn gofalu ond am un, sef *gwirionedd*. Nid yw pethau ysbrydol ac esthetig yn rhan o fusnes gwyddoniaeth o gwbl.

Fe gododd yr ymrafaelio anhapus yn y gorffennol rhwng y gwyddonwyr a'r diwinyddion oherwydd bod



y naill a'r llall o'r pleidiau'n mentro y tu allan i'w tiriogaeth briodol a chyfreithlon eu hunain.

Ceisiodd y gwyddonwyr osod y ddeddf i lawr i'r diwinyddion, ac fe ymosododd y diwinyddion yn fwy ffyrnig fyth ar y gwyddonwyr oherwydd eu syniadau "rhyfygus ac annuwiol." Dylem ddiolch bod y cyfnod alaethus hwn wedi pasio, ni obeithiwn, am byth.

Ac yma, rhwng cromfachau megis, dylem wahaniaethu'n ofalus rhwng *diwinyddiaeth* a *chrefydd*, ac yn y cysylltiad hwn anodd gwella ar yr hyn a ddywed yr Athro Julian Huxley:

Fe all gwyddoniaeth ddarostwng cyfundrefnau neilltuol o ddiwinyddiaeth. Fe all ddymchwel hyd yn oed fath arbennig o grefydd os myn y grefydd honno wadu dilysrwydd gwybodaeth wyddonol. Ond ni all ddileu crefydd am na all ladd yr ysbryd crefyddol, oblegid y mae'r ysbryd crefyddol yn gymaint rhan o'r natur ddynol ag yw'r ysbryd gwyddonol.

Nid wyf yn sicr nad oes reswm da dros ddweud bod yr ysbryd crefyddol yn rhan *fwy hanfodol* o'r natur ddynol nag yw'r ysbryd gwyddonol.

Hyd yn hyn, nid ydym wedi rhoi ond braslun byr, megis, o'r modd yr edrychir ar y cread drwy lygad gwyddoniaeth. Bwriadwn yn awr edrych i mewn i'r mater ychydig yn fwy manwl gan gymryd fel testun frawddeg a geir yn un o erthyglau'r Athro J. Arthur Thomson. Dywed y gwyddonydd hwn:

Fe ddatguddia gwyddoniaeth i ni fydysawd sydd yn gwneuthur argraff ddofn arnom—ei ehangder, ei natur gymhleth, ei drefnus-rwydd a'r egwyddor o ddatblygiad sydd yn rhedeg trwyddo.

Yn awr ni a ddywedwn ychydig ar y cyntaf o'r agweddau hyn, sef *mawredd* ac *ehangder* y greadigaeth. Dyma'r hyn a ddysgir i ni gan seryddiaeth—pellterau anfesurool fawr ac oesau maith diderfyn bron. Ac mor iachusol i ysbryd dyn yw myfyrio ar y pethau hyn! Oblegid fe ddysg drwy hynny amgyffred i ryw fesur ei wir safle yn y cynllun mawr, lle y mae “mil o flynyddoedd . . . fel doe, wedi yr êl heibio, ac fel gwyliadwriaeth nos.”

Awn allan, gan hynny, ar noson glir, serenog, a chodwn ein golygon tua'r nen. Gwelwn ruban o oleuni gwan yn croesi'r ffurfafen fel gwregys—y Llwybr Llaethog—neu fel y'i gelwir gan y seryddwyr, y Sistem Alactig. Ac fel yr awgrymwyd eisoes, yr hyn yw y Llwybr Llaethog yw nifer enfawr—miloedd o filiynau—o heuliau, a'r rhan fwyaf ohonynt yn tra rhagori ar ein haul ni mewn gogoniant.

Di-fudd yw ceisio ffurfio syniad am fawredd y gyfundrefn hon yn nhermau milltiroedd. Y mae'r uned yn llawer rhy fach, ac oherwydd hynny defnyddia seryddwyr fel llathen-fesur yr hyn a elwir “blwyddyn-oleuni,” sef y pellter a dramwyir mewn blwyddyn gan y brys-negesydd goleuni, h.y., chwe miliwn o filiynau o filltiroedd.

Bernir bod ein cyfundrefn sêr ni oddeutu 500,000 o flynyddoedd-goleuni ar ei thraws; felly, wrth fwynhau prydferthwch y ffurfafen, nid ydym yn gweld y sêr fel y maent yn awr, ond fel yr oeddynt (a lle'r oeddynt) gannoedd, ie, filoedd o flynyddoedd yn ôl. A phan astudir y rhai pellaf ohonynt gyda help y telesgôp, canfyddir hwy trwy gyfrwng goleuni a gychwynnodd ar

ei siwrnai faith cyn i'r dyn cyntaf ymddangos ar y ddaear.

Ond er mor enfawr yw'r gyfundrefn sêr a adnabyddir fel y Llwybr Llaethog, i'r hwn y perthyn ein haul bach ni; ynghyda'i deulu, ni chynnwys hyn mo'r holl gread. Oblegid fe ddengys y telesgôp cryfaf i ni filoedd, yn wir, filiynau, o wrthrychau golau eraill yn y ffurfafen, a elwir nifylau (*nebulae*), ac fe wyddom erbyn hyn fod pob un o'r rhai hyn hefyd yn gyfundrefn sêr gyffelyb i'n cyfundrefn "leol" ni, a phob un ohonynt yn cynnwys miliynau o heuliau, neu ddigon o ddefnyddiau i ffurfio miliynau o heuliau yn nhreigliad yr oesau. Bernir bod rhai o'r "ynys-greadigaethau" hyn mor bell nes bod eu goleuni'n cymryd can miliwn o flynyddoedd i'n cyrraedd! [*Gwêl yr wyneb-ddarlun a'r darluniau eraill o nifylau.*]

Fe orwedd y rhan fwyaf o'r cyfanfyd y tu allan a thu draw i'n cyfundrefn sêr ni. A yw'r cread felly'n anfeidrol ddiderfyn? Nac ydyw, medd damcaniaeth Einstein. Sut bynnag am hynny, y mae'n ddigon mawr i beri i ni blygu'n pen mewn gwylder a pharchedig ofn, a'n gorfodi i ddywedyd gyda'r Salmydd:

Pan edrychwyf ar y nefoedd, gwaith dy fysedd; y lloer a'r sêr, y rhai a ordeiniaist; pa beth yw dyn i ti i'w gofio? a mab dyn, i ti i ymweled ag ef?

Trown am foment yn awr i'r cyfeiriad gwrthgyferbyniol—i gyfeiriad y bychan. *Mor gain, mor gymhleth yw'r cread ym manylion ei adeiladwaith a'i gyfansoddiad!* Dywedwyd yn y penodau o'r blaen fod mater yn gyfansoddedig o fân ronynnau a elwir atomau, a bod

oddeutu 90 o wahanol fathau ohonynt, megis hydrogen, oxygen, nitrogen, carbon, calcium, haearn, silicon, etc., ac o'r atomau hyn y mae pob peth, byw a marw, wedi eu hadeiladu.

Arhosed y darllenydd am foment uwchben y ffaith fod un gronyn bychan o dywod yn cynnwys 1,000,000,000,000,000 o atomau. Mor fychan, gan hynny, yw'r atom! Ond nid yr atomau yw'r gronnau lleiaf yn y greadigaeth, oblegid fe ddengys gwyddoniaeth ddiweddar fod yr holl atomau wedi eu hadeiladu o ronynnau mân o drydan a elwir protonau ac electronau, gronnau sydd gymaint yn llai nag atom ag yw pryfyn o'i gymharu ag adeilad eang. Ac mor rhyfeddol yw priodoeddau hanfodol y gronnau trydan hyn, priddfeini'r greadigaeth faterol! Credir eu bod yn difodi ei gilydd yn ffwrnes eiriasboeth yr haul a'r sêr, a'u hynni cynhenid yn troi'n belydriad gwres a goleuni, ac mai oherwydd y ffynhonnell annisgwyliadwy hon y pery'r sêr (a'n haul ni yn eu plith) i dywynnu'n siriol am oesau sydd bron yn ddiderfyn, yn lle oeri a marw ymhen ychydig filiynau o flynyddoedd fel y proffwydodd yr Arglwydd Kelvin cyn i'r pethau rhyfedd hyn gael eu darganfod.

Pan nad yw'r gwres yn rhy danbaid, fe ddaw'r electronau a'r protonau at ei gilydd i ffurfio'r atomau materol fel y dywedwyd eisoes, ac ymbrioda'r rhai hyn wedyn i ffurfio'r amrywiol sylweddau—pethau cyffredin ein bywyd beunyddiol—dŵr ac awyr, carreg a mŵn. Ac o dan yr amgylchiadau priodol (beth bynnag fo'r rheini) fe ddigwydd peth rhyfeddol a

newydd yn hanes rhai o'r sylweddau hyn. Enilliant y gallu i dyfu ac atgenhedlu eu rhyw.

Wele'r dirgelwch mawr—BYWYD—wedi ymddangos. Sut yn hollol y dechreuodd bywyd ar y ddaear nid yw gwyddoniaeth wedi gallu ateb. Hyd yn hyn rhaid dywedyd na chyfyd bywyd ond o'r lle y mae bywyd eisoes. Gwelir felly fod bwlbwch pwysig yn rhediad cwrs mawr datblygiad, a defnyddir hyn yn aml fel *prawf* o'r bod o Dduw—dwyfol ymyriad yn anadlu “anadl einioes” i mewn i ffroenau mater marw. Ceir yr un syniad wedyn yn y bennod odidog honno yn llyfr y proffwyd Eseciel—dameg yr esgyrn sychion:

O anadl, tyred oddi wrth y pedwar gwynt, ac anadla ar y lladdedigion hyn, fel y byddont byw.

Ond gyda phob gwyleidd-dra, dymunwn ddywedyd nad doeth bod yn rhy bendant a dogmatig hyd yn oed ynglŷn â'r broblem fawr hon. Ni byddai'n ergyd i'm ffydd i o gwbl pe llwyddai dyn ryw ddiwrnod i gynhyrchu bywyd oddi mewn i esgyrn sychion mater marw. Onid yw'n bryd rhoddi heibio gwneuthur Duw'n un i gau'r bylchau yn ein cyfundrefn feddyliol? Hwyrach y teimla rhai o'm darllenwyr fod hyn yn darostwng bywyd ac enaid i lefel gweithrediadau peiriannol noeth. Gwadaf hyn gan ofyn: Onid yw mor gyfreithlon ysbrydoli'r peiriannol ag yw peirianoli'r ysbrydol?

Yr agwedd nesaf ar y cread a bwysleisiwn yw ei *drefnusrwydd* a'i *unoliaeth*. Rhoddwyd i ni'r cipolwg cyntaf ar hyn pan ddarganfu Newton ddeddf disgyrchant cyffredin; hynny yw, mai'r un grym a bair i afal

syrthio i'r ddaear ag a geidw'r lleuad yn ei chylchdro o amgylch y ddaear, a'r ddaear o amgylch yr haul. Yr un grym sydd yn llusgo'r comedau'n ôl at yr haul, ar ôl teithiau meithion o bump, deg, a chan mlynedd. A'r un ddeddf wedyn sydd yng nghyrrau pellaf y gwagle, lle y canfyddir drwy'r telesgôp nifer o *sêr dwbl*, y ddwy seren yn ymlwybro o amgylch canolbwynt eu pwysau dan ddylanwad eu cyd-atyniad. Mewn gair, nid deddf fach, *leol*, yw deddf disgyrchiant, yn ymwneud yn unig â gwrthrychau ar wyneb y ddaear hon, ond deddf *gyffredinol*, yn gweithredu drwy'r cyfanfyd oll.

Eto, fe astudir gan y gwyddonydd, gyda'i offeryn celfydd y sbectrosgôp, y math o oleuni a anfonir allan gan y gwahanol atomau materol. Y mae i bob atom ei oleuni priodol ei hun, ac fe geir bod atom arbennig yn anfon allan yr un math o oleuni'n hollol, pa un ai yng ngweithdy'r gwyddonydd, ai yn yr haul, ai yn y seren bellaf y bo. Yr *un* yn hollol yw priodoleddau cynhenid yr atomau pa le bynnag yn y greadigaeth y digwyddont fod.

Gellid ychwanegu nifer fawr o esiamplau eraill i ddangos bod deddfau anianeg yn gyffredin drwy'r greadigaeth. *Unoliaeth*, *trefnusrwydd*, *sefydlogrwydd a deddf* yw nodau arbennig y cread.

Effeithiodd darganfod hyn yn ddwfn iawn ar athroniaeth a diwinyddiaeth. Cyn darganfod mai *deddf* sydd ar yr orsedd, fe gredid mai ffawd a mympwy a lywodraethai'r greadigaeth. Dyna oes euraid y dewiniaid a'r swyn-gyfareddwyr. Mor fawr, onid e, yw'r gwahaniaeth rhwng seryddwr a sêr-ddewin! Ganrif neu ddwy yn ôl, fe edrychid gyda braw ar y comedau, a welir yn

sydyn ac annisgwyladwy yn yr wybren weithiau—rhagarwydd marwolaeth brenhinoedd a chwymp teyrnasoedd. Erbyn hyn y mae iddynt eu lle priodol yng Nghysawd yr Haul, brodyr i'n daear ni, cyrff bychain diniwed yn troi o amgylch yr haul mewn cylchoedd hirgrwn, ac yn ymweled â ni'n rheolaidd o bryd i'w gilydd.

A'r un modd edrychid ar ddiffyg ar yr haul fel prawf o lid dwyfol—Duw'n sorri ac yn cuddio'i wyneb. Ond erbyn hyn fe wŷr pawb nad yw diffyg ar yr haul yn ddim amgen na gwaith y lleuad yn digwydd mynd rhyngom a'r haul ac yn taflu ei chysgod ar y ddaear. Gellir rhagddywedyd i'r funud pryd y digwydd hyn, hyd yn oed gan mlynedd ymlaen llaw.

Ac felly'n raddol, o gam i gam, fe ddaeth dyn i sylweddoli bod deddf a threfn a rheol yn teyrnasu, ac fe'n gorfodir ni i ymwrthod â'r hen syniad bod Duw byth a hefyd yn ymyrryd yng ngwaith Ei ddwylo.

I lawer meddwl duwiolfrydig, y mae'r syniad hwn o deyrnasiad deddfau anochel a di-droi'n-ôl yn dra phoenus. Ond mentraf ddywedyd mai ennill, ac nid colled, yw hyn i wir grefydd. Cyfraniad mawr gwyddoniaeth i'r oes hon yw ei bod wedi'n rhyddhau ni o hualau ofergoeledd—y syniad o Dduw fel swyn-gyfareddwr mympwyol. Onid yw'n llawer gwell i ni gredu y rheolir y cread gan ddeddf a threfn, gan unoliaeth a phwrpas?

Yn olaf, gwelwn yn amlwg yn y greadigaeth egwyddor *datblygiad* a *chynnydd* ym mhob cwr ohoni. Fel y dwysâ'r nifwl mawreddog dan ddylanwad disgyrchiant, felly hefyd y cynyddu cyflymder ei

dro ar ei echel ac, o ganlyniad, ymrannu'n raddol yn glwstwr miliynau o sêr. Fe â'r sêr wedyn trwy gwrs hirfaith o ddatblygiad. Ar y dechrau, y mae seren yn gymharol oer—pelen o nwy ysgafn, chwyddedig. Wrth grebachu a dwysáu â'r seren yn boethach a disgleiriach. Ymhen amser, cyrhaedda begwn ei gogoniant ac yna dechreuwa oeri a phylu yn ei disgleirdeb, fel yr agosâ hen ddyddiau. Yn y diwedd corff tywyll, oer, marw, fydd. Y mae'n haul ni eisoes wedi pasio canol oed.

Ar y ddaear, ym myd y planhigyn a'r anifail, y mae'r yrfa ddatblygu yn llyfr agored. Yn goron ar y cwbl gwelwn ddyn sydd, er mor isel ei dras, erbyn hyn wedi ennill iddo'i hun gyneddfau meddyliol a synnwyr moesol. Nid "cywilyddus gwymp" oedd dyfod i "wybod da a drwg" ond esgyniad. Yn sicr, y mae'r egwyddor o gynnydd a datblygiad yn y greadigaeth yn deilwng o'n hedmygedd addolgar ac yn ffynhonnell cysur, oblegid ynddi hi y gorwedd ein gobraith am ddyfodol dynoliaeth.

Yn y fan hon fe ddaw gwyddoniaeth i ben ei thennyn ar yr hyn a all ei ddywedyd. Mud yw ar y cwestiwn: Pa fodd y daeth y cyfanfyd i fod? Beth yw amcan a phwrpas y cwbl? Beth yw gwir safle dyn yn y cynllun, a beth fydd ei dynged? Cofier eto fod i wyddoniaeth ei therfynau. Gwaith y gwyddonydd yw chwilio am y gwirionedd, a disgrifio'r hyn a wêl â'i lygad ac a glyw â'i glust. Trwy ei arbrofion a'i sylwadaeth fe genfydd y ddeddf hon a'r ddeddf arall. Fe ffurfia ddamcaniaethau, ond nid yw ei ddamcaniaethau na'i syniadau yn derfynol. Newidia'i feddwl yn barhaus fel y



llwydda i gael golwg well a chliriach ar weithrediadau natur. Ac nid oes arno gywilydd gwneuthur hynny. *Cam ymlaen* yw hynny ac nid yn ôl, oblegid ei amcan mawr yw *cywirdeb cynyddol* yn ei ddisgrifiad a'i ddehongliad o'r hyn a wêl.

Nid yw'r gwyddonydd yn honni medru dywedyd beth yw gwir ystyr y cread. Problem i'r athronydd a'r diwinydd yw hon. Ond gellir dywedyd hyn yn ddibetrus: Beth bynnag fydd y syniad am Dduw a enillir gan y ddynoliaeth ryw ddydd, nid bychan na diwerth fydd cyfraniad gwyddoniaeth at buro a dyrchafu'r syniad hwnnw.

