

## ADRAN B

Atebwch bob cwestiwn.

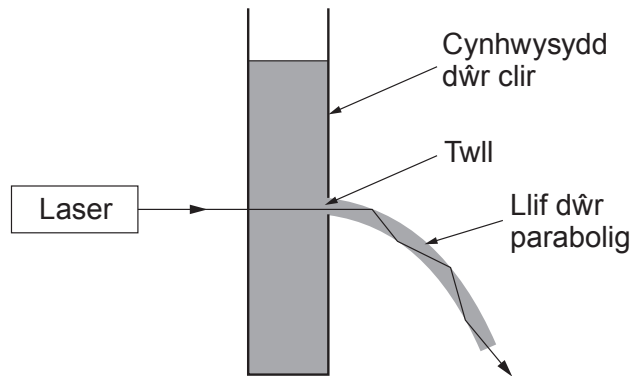
Darllenwch yr erthygl ganlynol yn ofalus.

Wedi'i haddasu o:

### Ffiseg Ffibrau Optegol gan Justino Luis Moreno (The Physics of Optical Fibres)

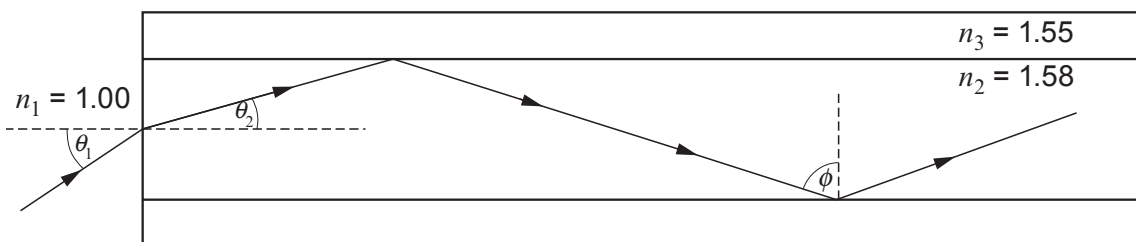
Paragraff

Yn y bôn, yr unig beth yw ffibr optegol yw darn o wydr rydych chi'n anfon golau ar ei hyd. Cafodd techneg debyg ei harddangos gyntaf, nid gyda gwydr ond gyda dŵr yn llifo o big (*spout*), yn 1840 gan y gwyddonwyr Daniel Colladon a Jacques Babinet. Yn ddiweddarach, cyhoeddodd Babinet ei waith mewn erthygl â'r teitl "Ar adlewyrchiadau pelydryn o olau y tu mewn i lif hylif parabolig" ("On the reflections of a ray of light inside a parabolic liquid stream"). Mae'n eithaf hawdd atgynhyrchu'r effaith hon mewn labordy ysgol gan ddefnyddio'r cyfarpar sydd i'w weld yn Ffigur 1.



Ffigur 1

Er bod y cydosodiad hwn yn edrych yn dda ac yn cael ei ddefnyddio fel sail i rai arweddion dŵr (*water features*), dydy e ddim yn ddefnyddiol iawn ar gyfer telathrebu (*telecommunication*) rhyngwladol! Mae Ffigur 2 yn dangos ffibr optegol safonol, ynghyd â phelydryn golau'n mynd i mewn iddo.



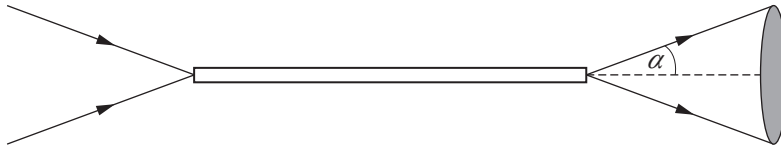
Ffigur 2

Mae'r pelydryn golau hwn yn cael ei adlewyrchu dro ar ôl tro ar hyd y ffibr optegol. Os yw'r ongl mynediad ( $\theta_1$ ) yn ddigon bach, bydd effaith o'r enw adlewyrchiad mewnol cyflawn (*total internal reflection/TIR*) yn golygu bod y golau'n cael ei adlewyrchu'n llwyr bob tro, sy'n golygu nad oes golau'n dianc wrth iddo deithio ar hyd y ffibr optegol. Mae'r ffisegwyr sy'n gyfrifol am ddylunio'r pethau hyn yn gallu profi bod yr hafaliad canlynol yn rhoi gwerth lleiaf (*minimum value*) ongl  $\phi$  er mwyn i TIR ddigwydd:

$$\phi = \sin^{-1}\left(\frac{n_3}{n_2}\right)$$

Mae'r ongl hon tua  $80^\circ$  ar gyfer y ffibr optegol sydd i'w weld. Mae'r ongl leiaf ar gyfer  $\phi$  yn golygu bod yna ongl fwyaf ar gyfer  $\theta_1$ . Mae hyn yn rhoi côn derbyniol (*acceptance cone*) lle mae'r golau mewnbyn yn cael ei ledaenu heb golled. Bydd ychydig o waith geometreg cyflym yn dangos i chi bod yr ongl gadael yr un peth â'r ongl mynediad, felly pan mae golau'n gadael mae'n cynhyrchu paladr â siâp côn bron yn berffaith â thrawstoriad crwn fel sydd i'w weld yn Ffigur 3.

4



Ffigur 3

Mae uchafswm cyfradd didau (*maximum bit rate*) yn derm pwysig ym maes technoleg ffibrau optegol. Mae pob pwls yn cynrychioli did data, felly hwn yw'r amledd uchaf o bylsiau sy'n bosibl ei anfon ar hyd ffibr optegol cyn i'r pylsiau ddechrau gorgyffwrdd ac uno â'i gilydd. Mae cebl ffibr optegol unfodd (*monomode*) â hyd 80 km yn gallu rhoi uchafswm cyfradd didau o  $10 \text{ Gbs}^{-1}$  yn gyfforddus. Mae hyn yn golygu bod  $10^{10}$  pwls yn gallu teithio ar ei hyd bob eiliad heb orgyffwrdd (*overlapping*). Mae sgwrs ffôn nodweddiadol angen tua  $10 \text{ kbs}^{-1}$ , sy'n golygu bod un ffibr optegol unfodd yn gallu cario miliwn o sgysiau ffôn ar yr un pryd. Mae angen cyfradd didau lawer uwch ar gyfer teledu manylder uwch (*high definition TV*); dim ond tua 2 000 o signalau teledu manylder uwch bydd ffibr  $10 \text{ Gbs}^{-1}$  yn gallu eu cario.

5

Un o'r ffactorau pwysicaf sy'n cyfyngu ar drosglwyddo data mewn ffibrau optegol yw gwasgariad amlfodd (*multimode dispersion*). Yn syml, mae hyn yn ymwneud â'r côn mynediad o olau yn Ffigur 3. Mae'r pylsiau'n gorfod teithio amrywiaeth o bellteroedd oherwydd bod amrywiaeth o onglau lle maen nhw'n gallu teithio ar hyd y ffibr. Yna, mae'r pylsiau'n gwasgaru ac yn mynd yn aneglur, gan ddifetha'r signal digidol. Rydyn ni'n cael gwared ar wasgariad amlfodd drwy ddefnyddio ceblau ffibr optegol unfodd sydd â chreiddiau (*cores*) tenau iawn. Fel arfer, mae diamedr craidd ffibrau unfodd tua  $8 \mu\text{m}$ . Mae hyn yn golygu bod trwch y craidd yn llai na 10 tonfedd, felly dydy'r golau ddim yn ymddwyn fel pelydrau mwyach. Mewn ffibrau unfodd, dim ond un cyfeiriad lledaenu sydd – ar hyd yr echelin.

6

Anfantais arall wrth anfon signalau ar hyd ffibrau optegol hir yw bod peth o'r golau naill ai'n cael ei wasgaru neu ei amsugno gan y moleciwlau gwydr eu hunain (gwanhad (*attenuation*) yw enw'r effaith hon). Er nad oes dim golau'n dianc o'r ffibr oherwydd *TIR*, mae colledion eraill yn digwydd ac fel arfer byddwn ni'n crynhoi'r rhain gan ddefnyddio graddfa desibelau (dB). Rydyn ni'n diffinio'r raddfa hon drwy ddweud bod lleihad 10 dB (-10 dB) mewn pŵer yn golygu bod y pŵer wedi lleihau i 10% o'i werth mewnbyn. Mae colled o -20 dB yn cyfateb i ostyngiad i 1% o'r pŵer ac mae -30 dB yn ostyngiad i 0.1% o'r pŵer. Mae'r tabl canlynol yn dangos y berthynas rhwng gwerthoedd dB a chymhareb pŵer:

7

dB	Cymhareb pŵer $\left(\frac{P}{P_0}\right)$
-5	0.316
-10	0.100
-15	0.032
-20	0.010

Tabl 1

8

Fel arfer, rydyn ni'n defnyddio'r uned dB/km i fynegi colledion ffibrau optegol, ac mae gwerthoedd rhai ffibrau optegol modern yn gallu bod mor isel â 0.01 dB/km. Mae hyn yn golygu bod pob km o'r cebl yn colli 0.01 dB sy'n golygu y gallwch chi ddefnyddio 1 000 km cyn i'ch signal fynd i lawr i 10% o'i gryfder. Mae ffibrau optegol wedi datblygu'n sylweddol ers eu geni mewn pistyll golau (*fountain of light*) bron i 200 mlynedd yn ôl. Maen nhw'n ymestyn (yn llythrennol) i bob rhan o'r byd gan gario golau, sain a band eang (*broadband*) lle bynnag maen nhw'n mynd. Mae datblygiadau technegol yn golygu y gallwn ni anfon data ar gyfradd o  $1.05 \times 10^{15}$  pwls yr eiliad dros bellter o 50 km mewn un ffibr optegol unfodd yn unig. Serch hynny, mae cyfyngiadau (*limitations*) i'r dechnoleg, gan gynnwys gwanhad (*attenuation*) a gwasgariad (*dispersion*) amlfodd yn ddau ohonynt.

9