

O Newton, trwy Bernoulli i Awyrennau Jumbo Mawr – eglurhad ar godiant

Gadewch i ni ddiffinio rhai grymoedd i ddechrau. Mae aer sy'n llifo heibio i gorff yn rhoi grymoedd arno. **Codiant** yw'r grym sy'n berpendicwlar i gyfeiriad y llif a **llusgiad** yw'r grym sy'n baralel i gyfeiriad y llif. Grymoedd eraill sy'n gweithredu yw **pwysau** a **gwthiad**. Mae llafnau gwthio neu jetiau yn rhoi gwthiad ar awyren ond nid yw'r grym hwn yn bresennol ar gyfer gleiderau.

Wrth feddwl am godiant rydym yn aml yn meddwl am adenydd ond mae codiant hefyd yn cael ei gynhyrchu gan lafnau gwthio, barcutiaid, rotorau hofrennydd, llywiau, hwyliau ar gychod hwylio, hydroffoilau, adenydd ar geir rasio, tyrbinau gwynt a gwrthrychau eraill. Wrth ddefnyddio'r gair "codiant" yn gyffredinol rydym yn tybio ei fod yn gwrthwynebu disgrychiant ond gall y gair codiant yn ei ystyr dechnegol olygu grym i unrhyw gyfeiriad gan ei fod yn cael ei ddiffinio mewn perthynas â chyfeiriad y llif yn hytrach na chyfeiriad disgrychiant. Pan fydd awyren yn hedfan yn syth ac yn lefel, mae'r codiant yn gwrthwynebu'r pwysau. Fodd bynnag, pan fydd awyren yn esgyn, yn disgyn neu'n gogwyddo er mwyn troi, er enghraifft, mae cyfeiriad y codiant yn gwyro oddi ar y fertigol. Gall codiant hefyd weithredu yn syth i lawr mewn rhai campau hedfan neu ar ddifethwr (*spoiler*) car rasio. Gall codiant fod yn llorweddol hefyd, er enghraifft ar hwyl cwch hwylio.

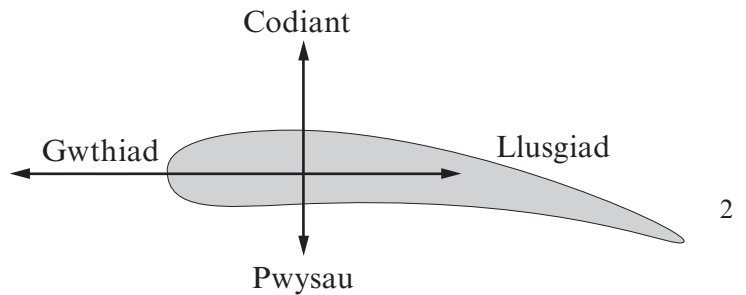


Diagram 1: Grymoedd ar aerffoil

Deddfau Newton: codiant ac allwriad y llif

Llif aer o amgylch aerffoil mewn twnnel gwynt. Sylwch ar y llinellau crwm uwchben ac o dan y ffoil a'r ffaith fod yr aer yn cael ei allwyo tuag i lawr. Un ffordd o ddeall sut mae codiant yn cael ei gynhyrchu yw sylwi bod yr aer yn cael ei allwyo wrth iddo fynd heibio i'r aerffoil. Gan fod yn rhaid i'r ffoil roi grym ar yr aer i newid ei gyfeiriad, mae'n rhaid i'r aer roi grym o'r un maint ond i'r cyfeiriad dirgroes ar y ffoil. Yn achos adain awyren, mae'r adain yn rhoi grym tuag i lawr ar yr aer ac mae'r aer yn rhoi grym tuag i fyny ar yr adain. Mae'r eglurhad hwn yn dibynnu ar ail ddeddf a thrydedd deddf mudiad Newton: *Mae'r grym net ar wrthrych yn hafal i gyfradd newid ei fomentwm, ac: I bob arwaith y mae adwaith hafal a dirgroes.*

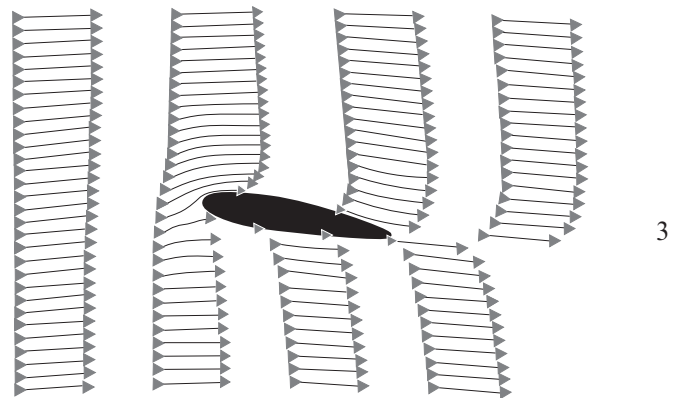


Diagram 2: Diagram fector yn dangos llif heibio i aerffoil

Gwahaniaethau gwasgedd

Mae hefyd yn bosibl disgrifio codiant yn nhermau gwasgedd aer. Os oes grym net mae gwahaniaeth gwasgedd hefyd ac felly mae allwriad llif yn dangos presenoldeb grym net a gwahaniaeth gwasgedd. Mae'r gwahaniaeth gwasgedd hwn yn ymhygu bod y gwasgedd cyfartalog ar arwyneb uchaf yr adain yn llai na'r gwasgedd cyfartalog ar yr ochr isaf.

Hafaliad Bernoulli

Yn yr un modd ag y mae'n bosibl deillio deddfau trydan o gadwraeth gwefr ac egni, mae'n bosibl deillio damcaniaethau aerodynameg o gadwraeth màs ac egni. Ystyriwn gadwraeth màs yn gyntaf ond mae angen i ni wneud dwy dybiaeth hefyd:

1. Mae dwysedd yr aer yn gyson (fel mae'n digwydd mae hyn yn frasamcan da iawn os yw'r buaneddau yn aros yn llai na thua 250 mya).
2. Rydym yn ystyried llif cyson fel bod yr aer yn symud ar hyd llinellau cyson.

Ystyriwn yn awr llinellau sy'n dod yn agosach at ei gilydd yn y tiwb hwn sydd ag arwynebedd trawstoriadol o A_1 ac sy'n culhau fel bod yr arwynebedd trawstoriadol ar y diwedd yn A_2 .

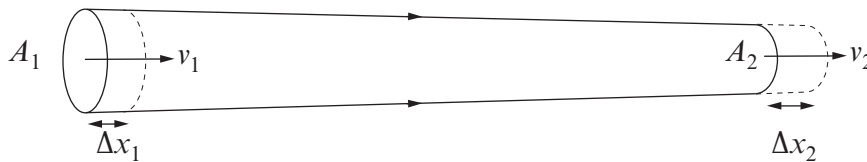


Diagram 3: Llif aer mewn llinell

Mae'r llinellau yn dilyn llwybr yr aer ac felly (trwy ddiffiniad) nid oes aer yn croesi'r llinellau. Cyfaint yr aer sy'n mynd i mewn i'r tiwb yn amser Δt yw

$$A_1 \Delta x_1 = A_1 v_1 \Delta t$$

a chyfaint yr aer sy'n gadael y tiwb yn amser Δt yw

$$A_2 \Delta x_2 = A_2 v_2 \Delta t$$

Oherwydd bod y dwysedd yn gyson, mae màs mewn cyfrannedd â chyfaint ac mae cadwraeth màs yn awr yn golygu cadwraeth cyfaint. Felly:

$$A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t \quad \text{neu} \quad A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Wrth i'r arwynebedd leihau o'r chwith i'r dde, mae'n rhaid i'r cyflymder gynyddu oherwydd cadwraeth màs.

Gallwch fynd hyd yn oed ymhellach na hyn. Os yw'r cyflymder yn cynyddu o'r chwith i'r dde yna mae'r aer yn cyflymu ac mae'n rhaid bod grym net yn gweithredu arno. Yr unig beth sy'n gallu darparu'r grym net hwn yw gwasgedd uwch ar ochr chwith y tiwb nag ar yr ochr dde. Byddai hyn yn awgrymu bod yn rhaid i'r gwasgedd fod yn uwch ar yr ochr chwith lle mae buanedd yr aer yn is. Mae'n bosibl deillio hafaliad Bernoulli trwy ddefnyddio'r cysyniad hwn a dyma'r canlyniad:

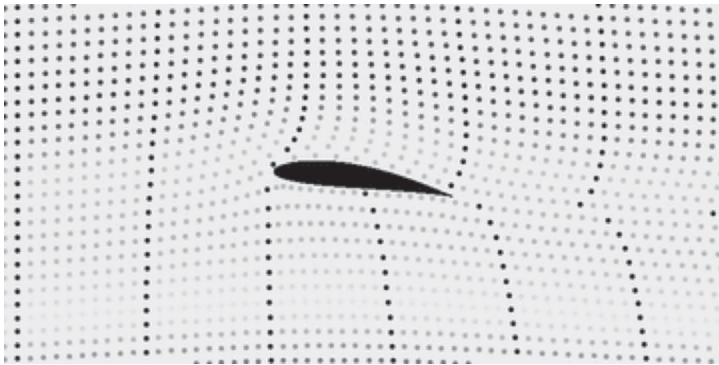
$$p = p_0 - \frac{1}{2} \rho v^2$$

lle p yw'r gwasgedd, p_0 yw gwasgedd aer nad yw'n symud, ρ yw dwysedd aer a v yw buanedd yr aer. Yn y bôn, mae hafaliad Bernoulli yn dweud bod gwasgedd aer sy'n symud yn lleihau o swm $\frac{1}{2} \rho v^2$.

Mae llawer o bethau y mae'n bosibl eu hesbonio trwy ddefnyddio hafaliad Bernoulli ond dyma eglurhad ar un o'r effeithiau aerodynamig mwyaf annifyr. Ystyriwch rywun sy'n cael cawod sydd â llen ysgafn. Pa ffordd mae llen y gawod yn symud?

I ddefnyddio hafaliad Bernoulli mae angen syniad am fuanedd yr aer. Tu allan i'r gawod, dylai'r aer fod yn llonydd (oni bai eich bod yn byw mewn tŷ drafftlyd) ond yn y gawod, mae'r dafnau dŵr yn achosi i'r aer symud ychydig. Yn ôl hafaliad Bernoulli, bydd y gwasgedd yn y gawod yn is ac felly mae'r grym net ar len y gawod tuag at i mewn. Dyna chi - eglurhad pam mae llen y gawod, sy'n oer a gwlyb, bob amser yn symud fel ysbryd tuag atoch chi.

Defnyddio Bernoulli i esbonio codiant



Mae'r diagram ar y chwith yn cynrychioli'r un llif heibio adain â'r diagram fector blaenorol (diagram 2). Mae'r bylchau llorweddol rhwng y dotiau yn y diagram yn cynrychioli cyfyngau amser cyfartal. Sylwer bod y bylchau rhwng y dotiau tywyll yn fwy o lawer ar yr arwyneb uchaf nag ar yr arwyneb isaf. Mae hyn yn golygu bod cyflymder y llif yn fwy o lawer dros ochr uchaf yr adain na thros y gwaelod. Trwy hyn, mae cymhwyso hafaliad Bernoulli yn egluro pam mae'r adain uchod yn derbyn codiant.

Diagram 4: Llif heibio aerffoil gan ddangos cyfyngau amser

Mae diagram 4 yn dda iawn ar gyfer egluro codiant gan ddefnyddio hafaliad Bernoulli ond mae hefyd yn gwrthbrofi'r hen eglurhad ar gyfer codiant, sef:

- pan fydd yr aer yn ymrannu gan fynd uwchben ac o dan yr adain, mae'r aer sy'n mynd uwchben yr adain yn cymryd yr un amser yn union i gyrraedd cefn yr adain â'r aer sy'n mynd o dani,
- mae ochr uchaf yr adain wedi'i chynllunio fel ei bod yn hirach na'r gwaelod,
- felly mae aer yn teithio'n gyflymach dros ochr uchaf yr adain,
- mae Bernoulli yn egluro pam mae'r gwasgedd o dan yr adain yn fwy na'r gwasgedd uwchben ac felly mae codiant arni.

Dylai un olwg ar ddiagram 4 fod yn ddigon i wrthod y pwynt cyntaf yn yr hen ddadl. Hefyd, os oedd yr hen esboniad yn ddilys,

1. sut y gall awyren hedfan pan nad yw ochr uchaf yr adain ond 2% yn hirach na'r gwaelod?
2. sut y gall awyren hedfan ben i waered?

Er mwyn deall y pwynt cyntaf, mae 'super jumbo' *Airbus* yn esgyn ar gyflymder o 80 ms^{-1} mewn aer â dwysedd 1.2 kg m^{-3} . Mae'r adenydd yn cael eu gwneud ym Mrychdyn, Gogledd Cymru, ac mae ganddynt arwynebedd enfawr, sef tua 850 m^2 . Os tybiwch fod y buanedd dros ochr uchaf yr adain 2% yn fwy, mae hyn yn rhoi cyfanswm grym codiant o 130 kN . Efallai fod hyn yn swinio'n fawr nes i chi sylweddoli bod mäs 'super jumbo' gwag tua 300 tonnelli. Y gwir yw, er nad yw ochr uchaf yr adain ond 2% yn hirach na'r gwaelod, gall y cynnydd mewn buanedd fod yn fwy na 50% dros ochr uchaf yr adain.

Mae'r ateb i'r ail bwynt i'w gael trwy ystyried ongl ymosod (θ) yr adain oherwydd bod hon hefyd yn bwysig o ran allwyo'r llif aer.

Codiant oherwydd ongl ymosod

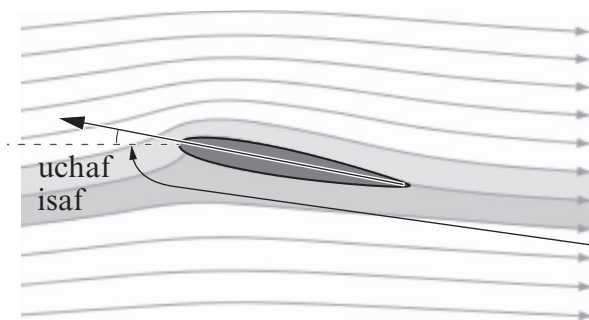


Diagram 5

Mae'r aerffoil ar y chwith yn gymesur – mae ochr uchaf a gwaelod yr aerffoil yr un fath (mae adenydd awyrennau campau yn cael eu cynllunio felly er mwyn iddynt hedfan llawn 15 cystal ben i waered). Er mwyn cynhyrchu codiant, mae angen gwyro'r adenydd er mwyn cynhyrchu'r un llif fel yn niagramau 2 a 4.

θ (ongl ymosod)

Mae awyren sy'n hedfan ben i waered yn dal i allu cael ongl ymosod a chynhyrchu codiant.

16



Cyfernod codiant

Mae'n bosibl cyfrifo'r grym codiant sy'n cael ei gynhyrchu gan adain fel ffwythiant buanedd 17 gyda'r hafaliad canlynol:

$$L = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_L$$

lle

- L yw'r grym codiant,
- ρ yw dwysedd yr aer,
- v yw buanedd yr aer,
- A yw arwynebedd yr adain, ac
- C_L yw cyfernod codiant yr adain (sy'n dibynnu ar yr ongl ymosod)

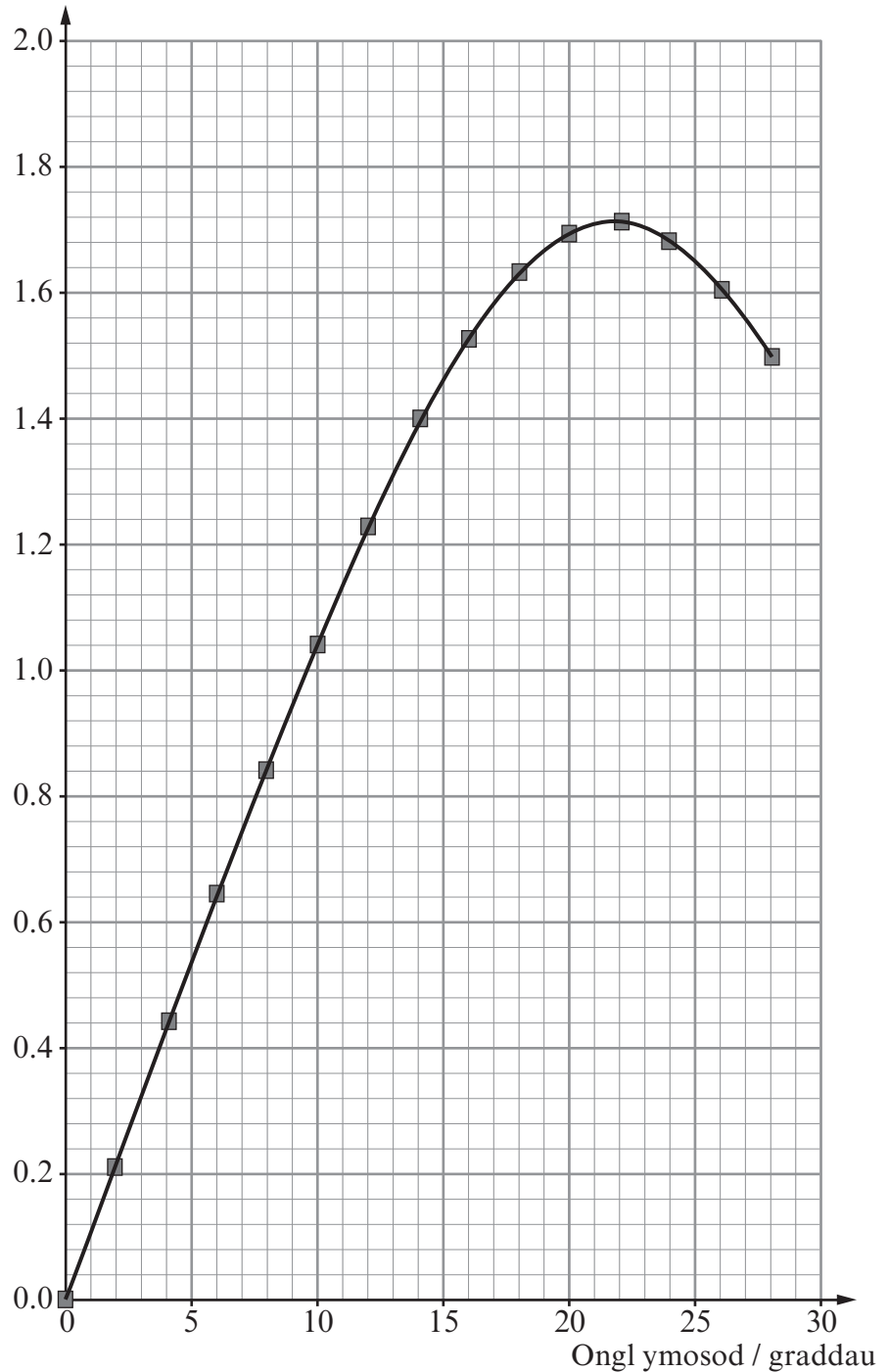
Mae'r ddamcaniaeth hon yn gweithio'n dda iawn ac un o'r arbrofion safonol yw mesur cyfernod codiant fel ffwythiant ongl ymosod. Yn ymarferol, byddai adenydd go iawn yn cael eu profi mewn twneli gwynt drud dros ben ond gallech wneud fersiwn rhad o'r arbrawf mewn labordy ysgol gan ddefnyddio plât metel tenau fel aerffoil dros dro. Byddai hefyd arnoch angen sychydd gwallt, stand, clamp, onglydd a chlorian ddigidol.

Ni fyddwch yn gallu cael data cystal gyda'r cyfarpar dros dro a wnewch oherwydd diffyg manwl gywirdeb eich onglydd ac mae'n annhebygol y bydd sychydd gwallt rhad yn cynhyrchu llif aer unffurf iawn. Fodd bynnag, dylech allu mesur y codiant yn fanwl gywir iawn gan ddefnyddio'r gloriant ddigidol a dylech allu mesur tuedd gyffredinol y graff.

Casgliadau

Mae llawer o agweddau ar ffiseg codiant a hedfan sydd ar gael i chi fel myfyrwyr ffiseg safon uwch. Mae'n rhyfedd pa mor bell y gallwch fynd trwy ddefnyddio deddfau mudiant Newton yn unig ond os ydych yn cymhwyso'r deddfau hyn i gael hafaliad Bernoulli byddwch yn cael dealltwriaeth ddyfnach o lawer o godiant a dynameg hylifol yn gyffredinol. Dylech allu egluro yn awr sut mae awyren yn gallu hedfan ben i waered a hyd yn oed gynnal arbrawf bras i ddangos bod eich eglurhad yn ddilys. Gallwch hyd yn oed ddweud wrth eich cyfeillion beth yw'r gwahaniaeth tebygol mewn gwasgedd rhwng arwynebedd uchaf ac isaf adain 'super jumbo' Airbus.

Cyfernod codiant



19

20