

Rhan o Ffiseg Peli Golff, sef addasiad bras o erthyglau a gafodd eu cyhoeddi ar-lein yn www.titleist.com gan y gwneuthurwyr peli golff enwog.

Fe ddechreuodd hyn i gyd pan ddechreuodd y ffisegwr o'r Alban, Peter Guthrie Tait, gyhoeddi cyfres o bapurau gwyddonol yn 1890. Roedd y papurau hyn yn torri tir newydd gan eu bod yn cydnabod bod aer yn effeithio'n fawr ar daflwybr (*trajectory*) rhyfeddol pêl golff. 1

Yn sicr, mae'n mynd yn groes i'r disgwyl bod effaith gyffredinol aer ar ehediad y bêl golff yn ffafrïol iawn, mewn gwirionedd. Wedi'r cyfan, oni fyddai gwrthiant aer yn arafu'r bêl a gwneud iddi syrthio, fel carreg, yn ôl i'r llawr? Credwch neu beidio, byddai ergyd sy'n hedfan 230 llath yn yr atmosffer arferol yn hedfan tua 160 llath yn unig mewn gwactod. Sut felly? Yn rhyfedd iawn, mae peli golff yn debyg mewn rhai ffyrdd i adenydd ac nid yw adenydd yn gweithio os nad oes aer. Trwy ryfeddodau aerodynameg, mae troelli'r bêl yn achosi codiant (*lift*), gan ei chodi yn erbyn grym disgrychiant. Felly mae'n hedfan ymhellach, er bod gwrthiant aer (neu lusgiad, fel y mae aerodynamegwyr yn ei alw) yn ei harafu. Pe bai'r aer yn diflannu yna byddai'r llusgiad yn diflannu a'r codiant hefyd. Y canlyniad cyffredinol? Mae'r bêl yn mynd ymhellach ym mhresenoldeb aer. 2

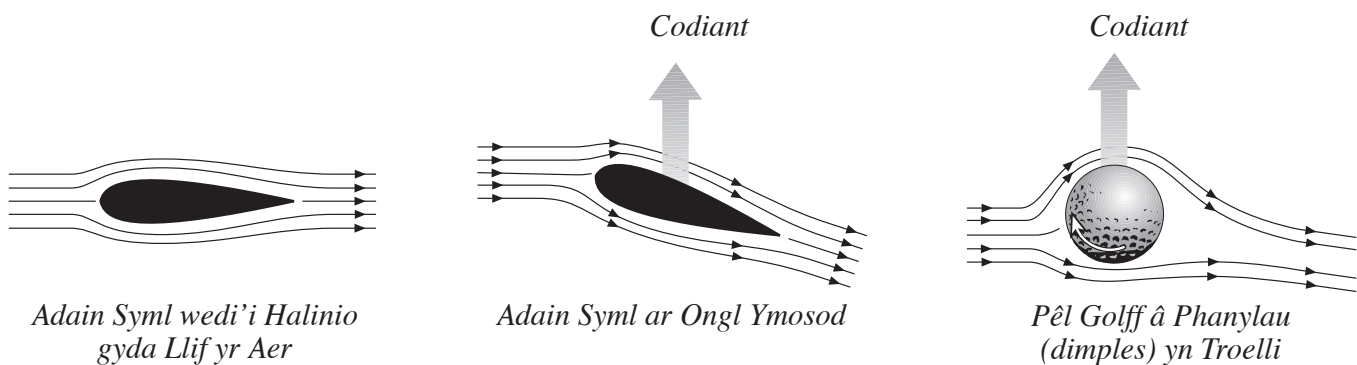
Codiant a Llusgiad

Bob tro y byddwn yn rhoi ein llaw allan drwy ffenestr y car ar 50 m.y.a. cawn ein hatgoffa bod aer yn rhoi grym ar unrhyw wrthrych sy'n mynd trwyddo. Mae gwyddonwyr yn torri'r grym hwn yn ddwy gydran sylfaenol, sef llusgiad, sy'n gweithredu yn uniongyrchol yn erbyn y mudiant i arafu'r gwrthrych, a chodiant, sy'n gweithredu ar ongl sgwâr i'r llusgiad a thuag i fyny fel rheol. 3

Tarddiad Codiant

I rywun sydd heb weld hyn o'r blaen, mae gwyllo pêl golff yn hedfan yn brofiad rhyfeddol. Mae'n hongian yn yr awyr am amser rhyfeddol, fel petai'n cael ei chynnal gan faes grym. Ac mae'n teithio ddwywaith hyd cae pêl droed. Mae hyn i gyd yn bosibl oherwydd y grym codiant aerodynamig. Ond o ble mae'n dod? 4

Er bod pêl golff yn edrych yn hollol wahanol i adain awyren 747, maent yn ymateb yn eithaf tebyg mewn twnnel gwynt. I'r aer, maen nhw'n edrych yr un peth. Pan roddir adain syml mewn llif aer a'i halinio â chyfeiriad y llif, mae'n torri trwy'r aer heb fawr o ffwdan a heb gynhyrchu unrhyw godiant. Fodd bynnag, os caiff ei gosod i greu ongl ymosod, bydd pethau diddorol yn dechrau digwydd. Mae'n gwyrddroi'r llif aer tuag i lawr, gan greu grym adwaith tuag i fyny (Trydedd Ddeddf Newton: "I bob arwaith y mae adwaith hafal a dirgroes bob amser") – sy'n hysbys i ni fel y codiant. 5



Efallai bod pêl golff yn edrych yn dew o'i chymharu ag adain lyfn ond mae'n llwyddo i wneud pethau tebyg i lif yr aer. Wrth roi pêl golff mewn llif aer, mae'n ymwthio trwy'r aer gan greu cryn dipyn o darfiad (gan ei bod yn dew) ond heb gynhyrchu unrhyw godiant. Dyma'r newyddion da: os oes arni ôl-sbin, mae'n gwyrddroi'r llif aer mewn modd tebyg i'r adain ar ongl, gan wro'r aer tuag i lawr a chreu codiant. 6

Tarddiad Llusgiad

Os bydd unrhyw wrthrych yn symud trwy'r aer, bydd rhywfaint o lusgiad. Mae gan y rhan fwyaf o gyrff sy'n hedfan broffil llyfn naturiol neu broffil llyfn sydd wedi'i gynllunio, fel y gallant dorri trwy'r aer yn lân heb lawer o lusgiad. Ond mae pêl golff yn bêl, wrth reswm, ac felly mae'n bwrw trwy'r aer yn hytrach na thorri trwodd fel cyllell. Mae hyn yn creu grym llusgiad mawr.

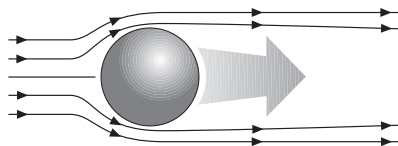
7

Mae'r aer yn taro tu blaen y bêl, gan greu ardal o wasgedd uchel, ac yn ymrannu i fynd i'r ochrau. Ond mae'n mynd yn rhy gyflym i droi'r holl ffordd o amgylch y bêl i gyrraedd y cefn. Mae'n gadael yr arwyneb, gan adael ardal o wasgedd isel y tu ôl i'r bêl, fel y bydd llong yn gadael ei hôl yn y dŵr. Y cyfuniad hyn o wasgedd uchel ar flaen y bêl a gwasgedd isel y tu ôl iddi yw prif darddiad y llusgiad ar y bêl.

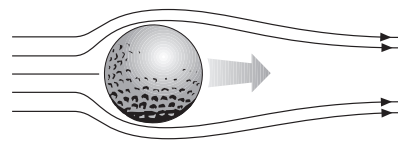
8

Yr ateb i lusgiad? Panylau (*dimples*). Pan fydd panylau dros arwyneb y bêl, mae haen denau o aer wrth ymyl y bêl (mae aerodynamegwyr yn ei galw yn haen ffin) yn dod yn dyrfol (*turbulent*). Yn hytrach na llifo mewn haenau llyfn, di-dor (haen ffin laminaidd), mae ganddo batrwm microsgopaidd o anwadaliadau (*fluctuations*) a llif hap. Dyma'r newyddion da: mae haen ffin dyrfol yn gallu dilyn crymedd y bêl yn well. Mae'n teithio ymhellach o amgylch y bêl cyn gwahanu, sy'n creu ôl (*wake*) llai o lawer a llawer llai o lusgiad. Yn wir, dim ond tua hanner y llusgiad sydd gan bêl golff â phanylau o'i chymharu â phêl lyfn.

9



Pêl yn Bwrw Trwy'r Aer



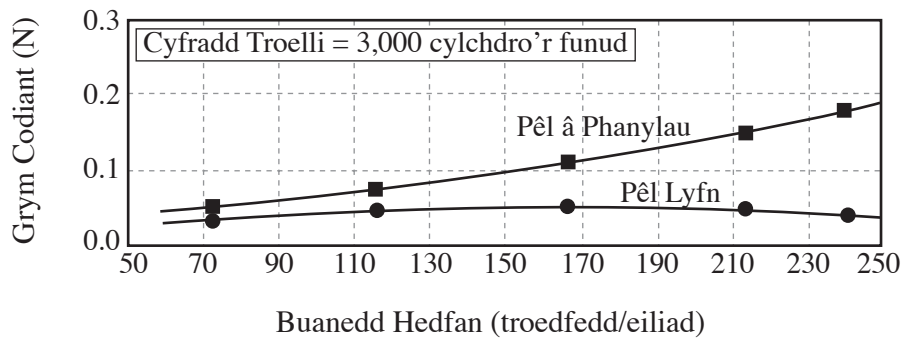
Pêl â Phanylau yn Bwrw
Trwy'r Aer

Tarddiad Mesuriad a rhai Canlyniadau Modern

Byddai llawer o bobl sy'n gwybod am beli golff yn dweud wrthych (yn anghywir) nad yw pêl heb banylau yn creu codiant. Ond dros 250 o flynyddoedd yn ôl, llwyddodd Benjamin Robins i ddangos y grym codiant ar bêl fysged (*musket*) heb banylau oedd yn troelli. A bydd unrhyw gêm o dennis bwrdd rhwng chwaraewyr da yn dangos llawer o enghreifftiau o ergydion lle mae'r bêl yn crymu, yn arnofio neu'n plymio'n wyllt oherwydd grymoedd codiant yn gweithredu ar y bêl lyfn sy'n troelli. Y ffactor cyffredin yma yw troelliad, nid panylau. Fel y gwelsom ni uchod, gweithred y bêl yn troelli sy'n gwyro llif yr aer ac yn gwneud i'r bêl weithredu fel adain. Nid yw hynny'n golygu nad yw panylau yn effeithio ar godiant. I'r gwrthwyneb, gallant effeithio ar faint y codiant a chyfeiriad y codiant, yn enwedig ar fuanedd isel.

10

Graff yn dangos Grym Codiant yn erbyn Buanedd Hedfan



Graff 1

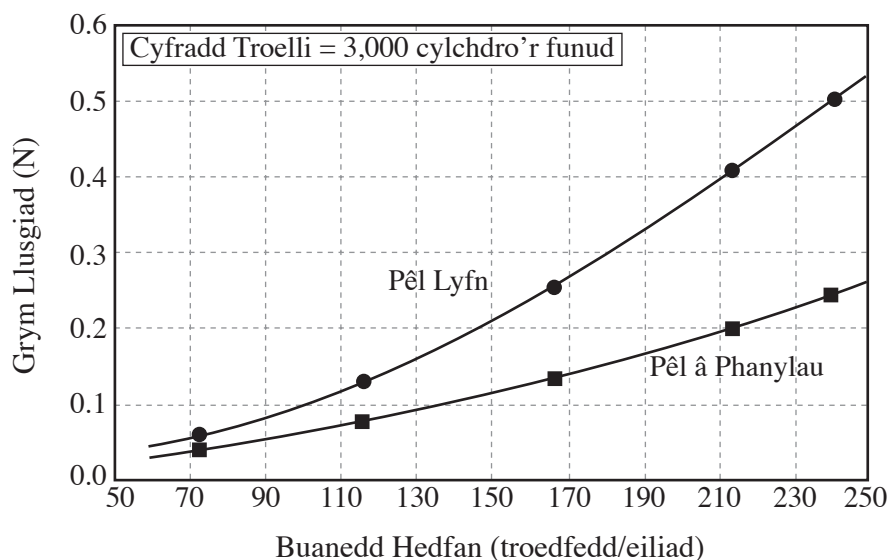
Mae'r graff yn dangos y grymoedd codiant a gafodd eu mesur mewn twnnel gwynt ar bêl golff lyfn ac un â phanylau ar yr un gyfradd troelli, sef 3,000 cylchdro'r funud (sy'n nodweddiadol ar ddechrau ergyd). Er nad yw'r bêl lyfn yn cynhyrchu cymaint o godiant â'r un â phanylau, mae'n creu cryn dipyn – yn cyfateb i tua 1/3 i 1/2 ei phwysau ei hun am lawer o'r amrediad buanedd. Felly, mewn gwirionedd, y troelliad sy'n creu'r codiant. Mae'r panylau yn addasu'r codiant a'i wneud yn fwy buddiol ar gyfer y bêl golff.

11

Mae rhai yn aml yn dweud (yn anghywir) bod panylau yn cynyddu'r llusgiad ar y bêl, ond gan eu bod yn angenrheidiol i greu'r codiant, mae eu heffaith yn fuddiol mewn gwirionedd. Byddai'r rhan fwyaf o golffwyr cyffredin yn fodlon derbyn hyn oherwydd ei fod yn swnio'n rhesymol. Byddai pêl lyfn yn llithro trwy'r aer gyda llai o ffrithiant, oni fyddai? Felly byddai gan bêl â phanylau fwy o ffrithiant aer ac felly mwy o lusgiad. Mae'n swnio'n rhesymol. Yn anffodus, mae'n hollol anghywir.

12

Graff yn dangos Grym Llusgiad yn erbyn Buanedd Hedfan



Graff 2

Yn gyntaf, fel rydym wedi darganfod, nid yw'r panylau'n creu'r codiant, dim ond yn ei wella. Ac yn ail, mae'r panylau yn lleihau'r llusgiad yn sylweddol trwy greu haen ffin dyrfol sy'n lleihau'r ôl (*wake*). Mae profion mewn twnelau gwynt yn cadarnhau hyn, fel y dangoswyd yn y graff uchod. Mae'n cymharu'r grymoedd llusgiad a fesurwyd ar gyfer pêl golff lyfn ac un â phanylau trwy amrediad cyfan y buanedd. Yn amlwg, mae'r bêl â phanylau yn cynhyrchu llawer llai o lusgiad, dim ond tua hanner y llusgiad o'i chymharu â'r bêl lyfn. Lleihau'r llusgiad fel hyn yw cyfraniad pwysicaf y panylau.

13