

Líkön fyrir ljóslinsur með kviku rúmfræðiforriti

Andreas Ulovec

Íslensk þýðing, Ragnar Stefánsson

1 Inngangur

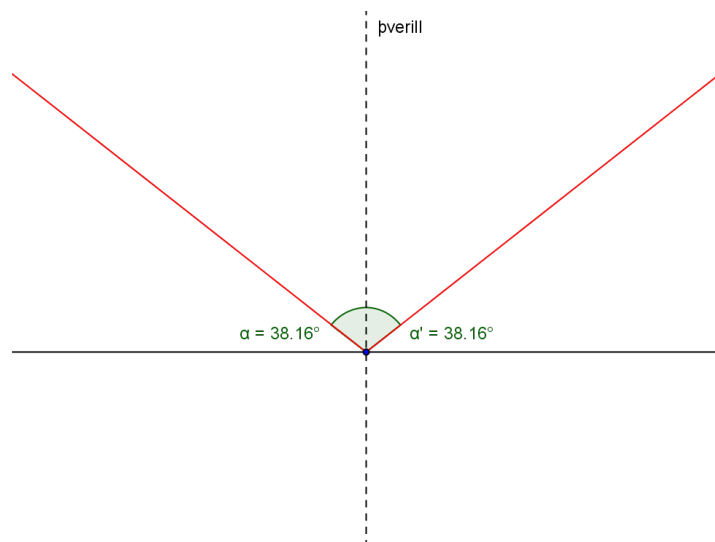
Í ljósfræði, þegar kemur að því að sýna slóð ljósgeisla gegnum gler, linsur eða kerfi linsa, andvarpa margir eðlisfræðikennarar - tilraunirnar eru frekar flóknar og það þarf mikið af tækjum. Það er nógu erfitt að gera ljósgeisla sýnilegan í lofti - það þarf reyk, ryk eða einhverja aðra leið til þess að gera ljósið sýnilegt. Til að sýna slóð ljóssins í efnum þarf sérstakan tækjabúnað - „smoke glass lenses” o.s.frv. Slíkt er ekki alltaf aðgengilegt og almennt er aðeins hægt að stilla kerfið með því að fjarlægja eitt stykki og setja annað stykki í staðinn. Til þess að sjá hvað gerist ef þú hefur þykkari linsu, þarftu að skipta linsu út og setja aðra í hennar stað. Nemendur geta athugað aðstæðurnar fyrir og eftir breytinguna - en það er ekki samanhangandi breyting sem leyfir þeim að sjá hvernig slóð ljóssins í raun breytist. Við viljum sýna hvernig hægt er að sýna breytingu á leið ljóssins gegnum linsu með aðstoð kviks rúmfræðiforrits (KRF).

Þetta efni getur verið gagnlegt raunvísindakennurum, sem geta notað það til að líkja eftir tilraunum með linsum, speglun og ljósbroti - ekki til þess að *koma í stað* tilraunarinnar sjálfrar (ef maður kynnist tilraunum aðeins í hermi er kennslugildi þess ekki hið sama), heldur til þess að *styðja við* hana. Efnið getur líka verið mjög gagnlegt stærðfræðikennurum. En hvar er stærðfræðin? Það er mikið af henni þarna! Ef ljósgeisli rekst á yfirborð glers þá speglast hluti þess um ákveðið horn og hluti ljóssins fer í gegnum glerið og heldur áfram undir öðru horni. Sama gerist er ljósið nær hinu yfirborði linsunnar - aftur er þörf á stærðfræði til þess að reikna hornin sem ljósið speglast um og brotnar. Fyrir kjörinsu er til einföld jafna sem reiknar út þessi áhrif - en slíkt er bara líkan, og það virkar einungis vel fyrir þunnar linsur og ljós sem fellur að miðju linsunnar. Með þykkari linsur og ljós sem fellur utan miðju verða útreikningarnir flóknari og erfiðara verður að sjá fyrir sér hvað gerist út frá jöfnunum einum og sér. Með KRF er mögulegt að líkja eftir eiginleikum linsunnar án þess að nota linsu, laserljós, o.s.frv. En jafnvel með KRF í höndunum þurfum við á stærðfræði að halda til að setja upp líkanið.

2 Einföld byrjun - ljós fellur á slétt yfirborð

2.1 Speglnun

Þegar ljósgeisli lendir á sléttu yfirborði, speglast hluti þess. *Speglunarlögmálið* segir að innfallshornið (milli ljósgeislans og *þverilsins*) er jafnt endurvarpshorninu:



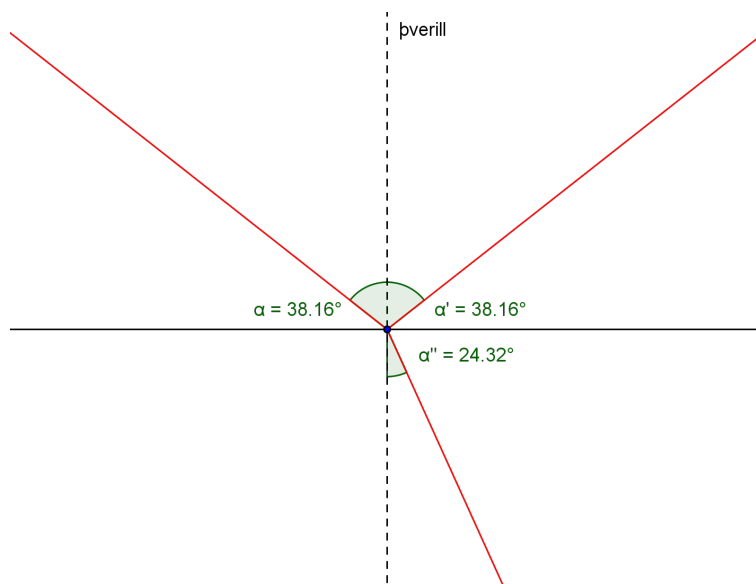
Mynd 1: Speglnun ljóss á sléttu yfirborði

2.2 Ljósbrott

Það er ekki allt ljósið sem speglast (aðeins í tilfalli fullkomins spegils kemur fyrir *alspeglun*). Hluti ljóssins brotnar, þ.e. fer inn í glerið. Það fyrirbæri kallast *ljósbrot*. Sökum mismunandi hraða ljóssins í mismunandi efnum (hér: loft og gler), fer ljósið ekki beint í gegnum efnið heldur brotnar, þ.e. það fer í gegnum efnið undir öðru horni en innfallshornið. Það horn er reiknað með lögmáli *Snells*, sem segir að brothornið α'' tengist innfallshorninu α samkvæmt:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha''} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Þar sem n_1 er brotstuðull annars efnisins (hér loft, sem hefur brotstuðull u.þ.b. 1), og n_2 er brotstuðull hins efnisins (hér gler, sem hefur brotstuðul sem er háð tegund glersins sem verið er að nota; dæmigert gildi væri 1.5). Þetta gefur eftirfarandi niðurstöðu:



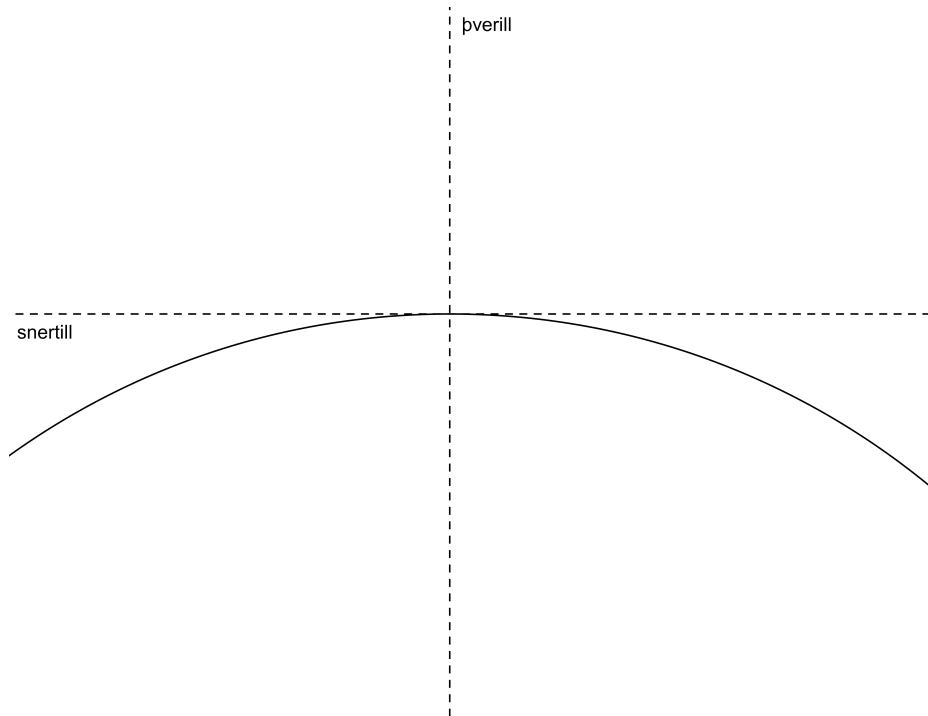
Mynd 2: Speglun og ljósbrot á sléttu yfirborði

Verkefni:

- [1] Breyttu innfallshorni geislans í 45° . Reiknaðu brothorn með brotstuðul 1.5. Hve mikið myndi þetta horn breytast ef við notuðum gler með brotstuðul 1.9?
- [2] Hvert væri innfallshorn geisla ef brothornið er 45° ?

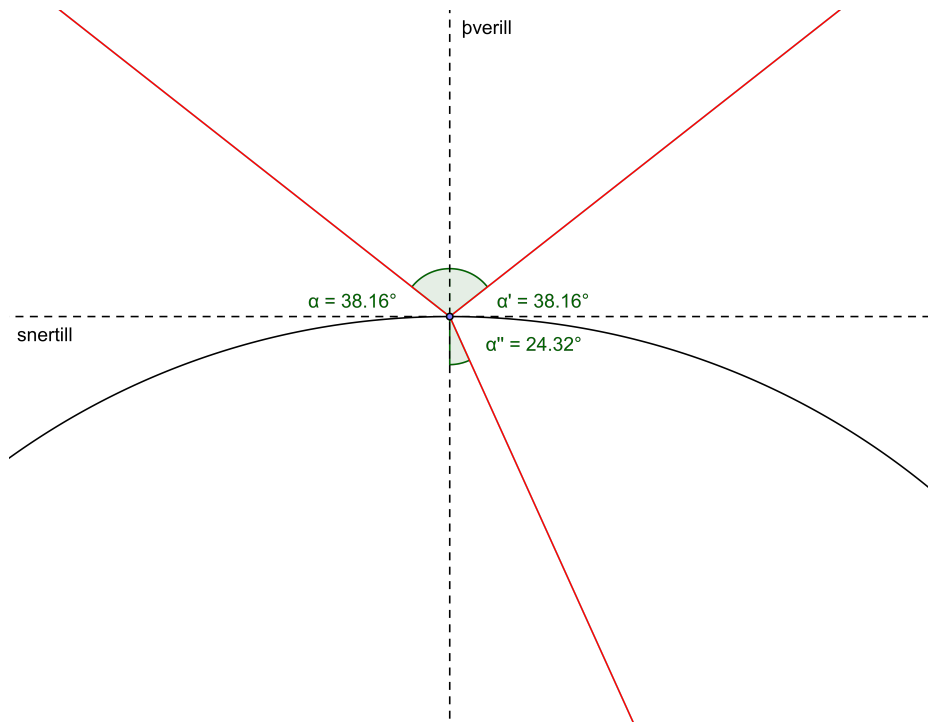
3 Hvað nú? - Ljós rekst á kúlulaga yfirborði

Þegar um var að ræða slétt yfirborð mældum við innfallshornið og speglunina með tilliti til *þverilsins* en það er línan sem er þvert (hornrétt) á gefið slétt yfirborð. Ef yfirborðið er kúlulaga, þurfum við að alhæfa hvað við eigum við með orðinu þverill: Það þýðir lína sem er þverill að snertlinum (eða nákvæmara: að snertlsléttunni) í þeim punkti þar sem línan snertir yfirborðið:



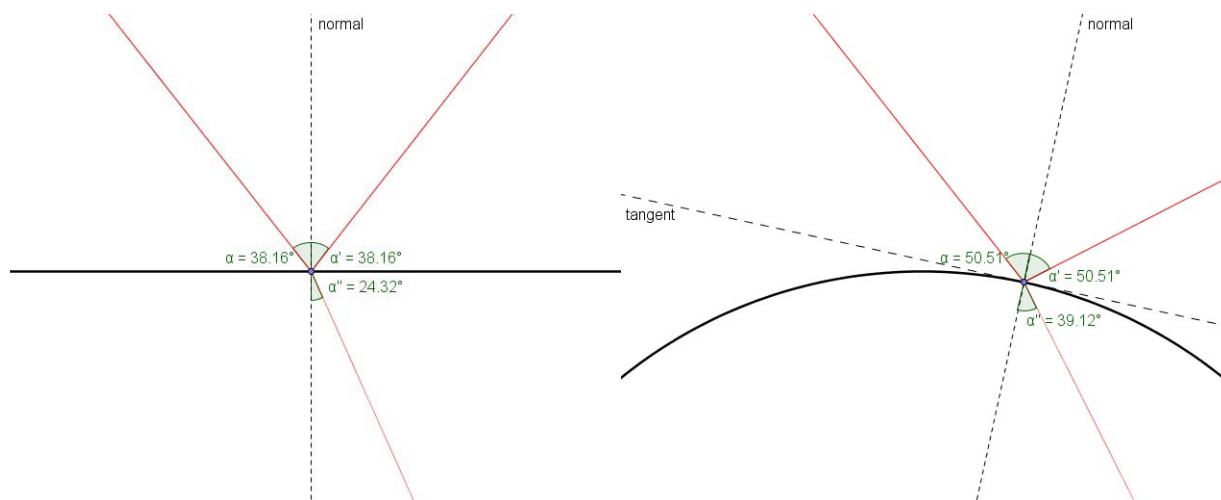
Mynd 3: Þverill á kúlulaga yfirborði

Með þessa afhæfingu á skilgreiningu þverils getum við reiknað speglunina á sama hátt og við gerðum fyrir flata yfirborðið:



Mynd 4: Speglun og ljósbrot ljóss við kúlulaga yfirborð

Þetta lítur alveg eins út og í tilfelli slétta yfirborðsins. Munurinn verður ljós þegar við hliðrum ljósgeislanum. Í tilfelli slétta yfirborðsins breytist brothornið ekki, meðan í kúlutilfellinu breytist það.

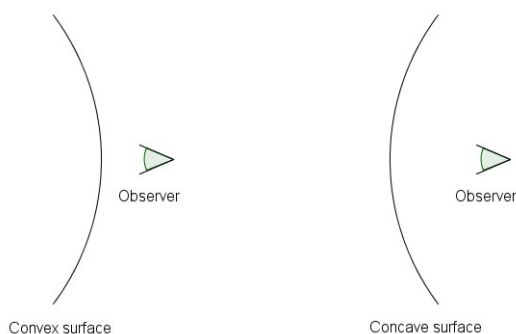


Mynd 5: Spegln og ljósbrot sama geislans borin saman á sléttu og kúlulaga yfirborði

Þetta þýðir að ef geislanum (eða yfirborðinu) er hliðrað fyrir kúlulaga yfirborð þá hefur það áhrif á það hvernig ljósið speglast og brotnar.

3.1 Íhvolft eða kúpt

Kúlulaga yfirborð (séð frá einni hlið) getur haft tvö meginform - það getur verið íhvolft, þ.e. innri hlutinn bognar frá athugandanum miðað við ytri hlutann, eða það getur verið kúpt, þ.e. innri hlutinn bognar í átt að athugandanum miðað við innri hlutann. Ruglandi? Það er í raun auðskiljanlegra að bera þetta tvennt saman á mynd:



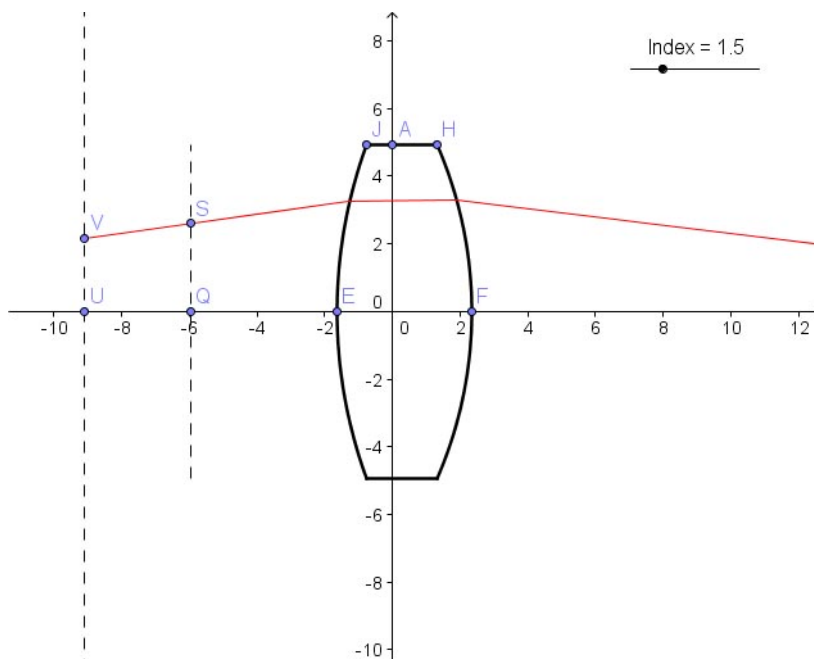
Mynd 6: Íhvolft og kúpt yfirborð

Í báðum tilfellunum smíðum við snertilinn og þverilinn á sama hátt.

4 Linsa búin til með endurtekningu

Í sjónlinsu förum við í gegnum þetta ferli tvisvar, einu sinni þegar ljósið fer inn í linsuna og aftur þegar ljósið fer úr linsunni.

Við þurfum í raun að endurtaka fyrri smíðina fyrir utan það að hlutverki brotstuðlanna er snúið við, þ.e. fyrri efnið er gler, hið seinna loft. Með því að blanda þessu tvennu saman fáum við líkan af kúlulaga linsu:



Mynd 7: GeoGebbru líkan fyrir sjónlinsu

Með þessu líkani er auðvelt að svara spurningum um eiginleika linsa án þess að þurfa að vinna með alvöru glerlinsu.

Verkefni:

- [3] Ef ljós kemur inn samsíða lárétta ásnum mun geislinn sem kemur út skera lárétta ásinn í svokölluðum *brennipunkti* linsunnar. Ef linsan er samhverf, hefur 10 cm þvermál og 4 cm þykkt í miðjunni og 1.5 cm þykkt við jaðarinn, hver er þá brennipunktur hennar?
- [4] Breytist skurðpunkturinn ef þú færir innfallsgeislann í átt að jaðri linsunnar?
- [5] Ef linsan er ekki samhverf (þ.e. krappi yfirborðanna tveggja er ekki sá sami), breytist brennipunkturinn ef þið haldið þykkt linsunnar óbreyttri, eða helst hann óbreyttur? Prófið það og leitaðu skýringa á því sem gerist.

5 Ekki besta linsan - en nærri því þó!

Eins og við höfum séð að ofan, ef við færum innkomandi ljósgeisla í burtu frá miðju linsunnar í átt að öðrum svæðum breytist skurðpunktur útfallandi geislans við ásinn - því fjær sem við förum frá miðju linsunnar, því stærra verður frávik skurðpunktsins frá (áætluðum) brennipunkti linsunnar. Ástæðan fyrir því er að við erum með *kúlulaga linsu*, þ.e. linsu sem hefur yfirborð sem er sníð kúlu. Því fjær sem við förum frá miðju linsunnar, því verri verða ljósfræðilegir eiginleikar linsunnar. Eftir því hver tilgangur linsunnar er gætum við einnig notað *fleyggera* (*parabólíska*) linsu, þ.e. linsu sem er fleygbogafloitur, eða *breiðgera* (*hýperbólíska* linsu, þ.e. linsu sem er

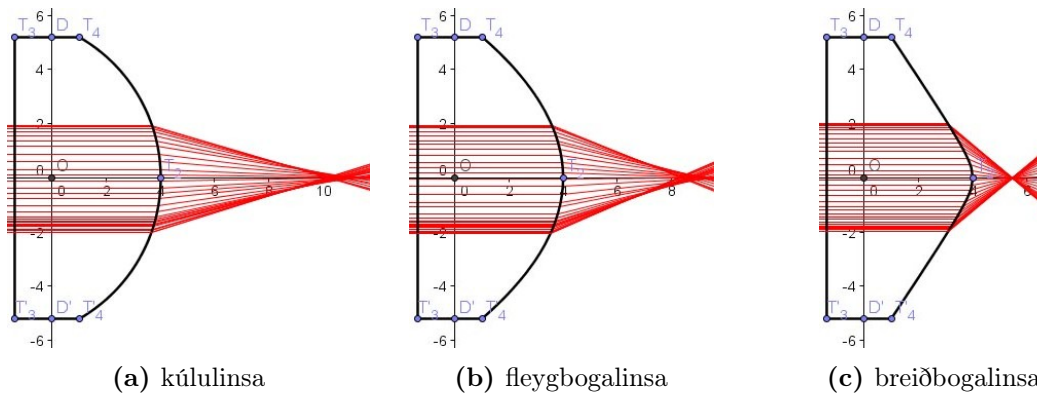
breiðbogafliötur. Í slíkri linsu er ofan nefndur skurðpunktur ávallt brennipunktur linsunnar, óháð fjarlægð innfallandi geislans frá miðjunni.

Verkefni:

- [6] Reiknaðu út jöfnu fyrir samhverfan fleygboga sem fer í gegnum F og H. Færðu punktana F og H, og finndu út hvenær fleygboginn viku sýnilega frá kúlufleti.

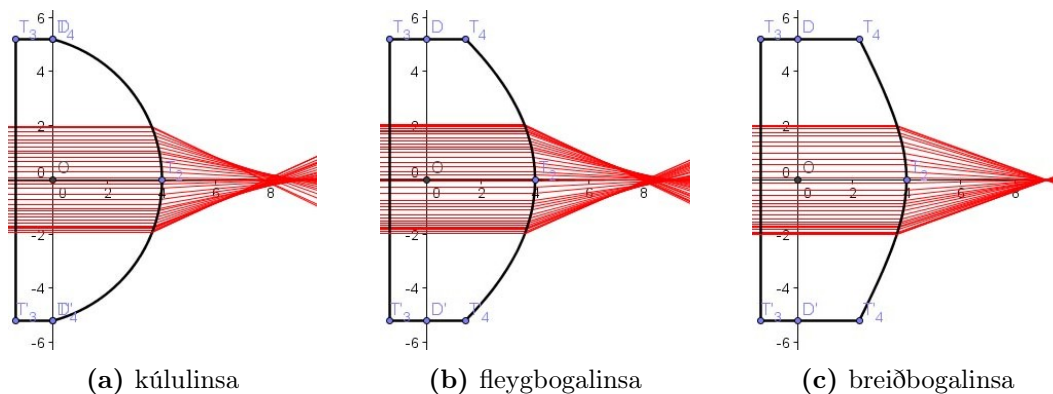
Við sjáum augljóslega að einungis fyrir mjög þykkar og mjög stórar linsur er sýnilegur munur milli kúlu- og fleygbogaflatar. Í mörgum hagnýtum tilfellum er munurinn hverfandi eða í það minnsta þolanlegur og í flestum tilvikum eru kúlulegar linsur notaðar, aðallega vegna þess að það er tiltölulega auðvelt og ódýrt að búa til kúlufliöt í vél með ákveðinni nákvæmni í samanburði við fleygboga- og breiðbogafliöt.

Hér er samanburður við kúlulinsu, fleygbogalinsu og breiðbogalinsu sem hafa allar sömu þykkt og sama brotstuðul: sem hafa allar sömu þykkt og sama brotstuðul:



Mynd 8: Samanburður þriggja linsa með sömu viddir

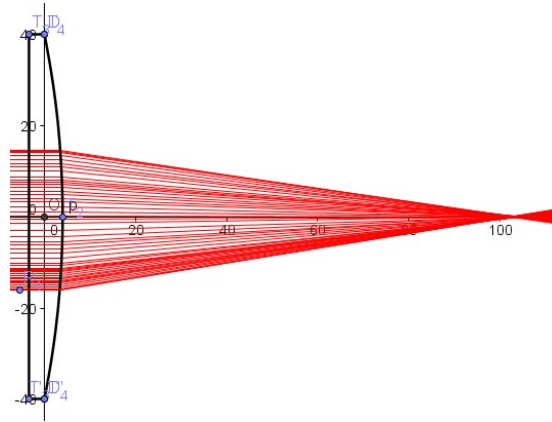
Eins og við sjáum hér, þá er brennipunkturinn mismunandi þótt að viddirnar eru þær sömu. Til að gefa betri samanburð þá sýnum við þrjár linsur með sama brennipunkt og sömu miðjuþykkt:



Mynd 9: Samanburður þriggja linsa með sama brennipunkt

Við sjáum augljóslega að í kúlulinsu vika geislarnir nokkuð fljótt frá brennipunktinum, meðan að fleygbogalinsan hagar sér betur og breiðbogalinsunnar haga sér best. Fyrir þunnar linsur

(þ.e.a.s. þykktin er miklu minni en þvermál linsunnar), t.d. flest gleraugu, myndavélar o.s.frv., dugar kúlulinsan mjög vel:



Mynd 10: Þunn kúlulinsa

Verkefni:

- [7] Leitaðu að linsum í umhverfinu. Reyndu að finna út hvort þær séu kúlulega, fleyggerar eða breiðgerar linsur eða þá af einhverri annarri gerð.

Heimildir

- [1] <http://www.geogebra.org> (14. október 2011)