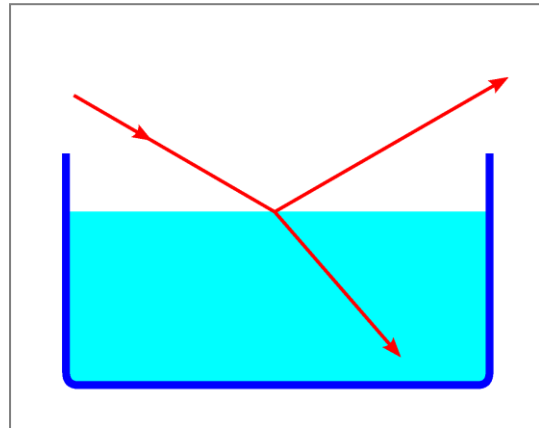


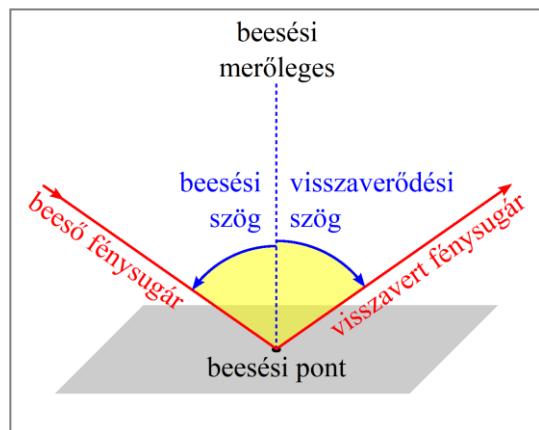
◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

A fényvisszaverődés

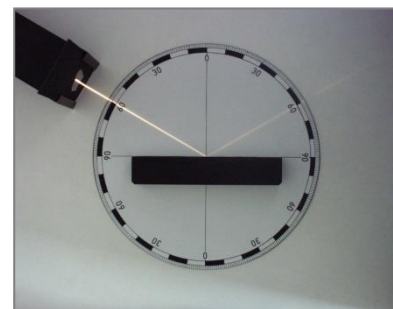
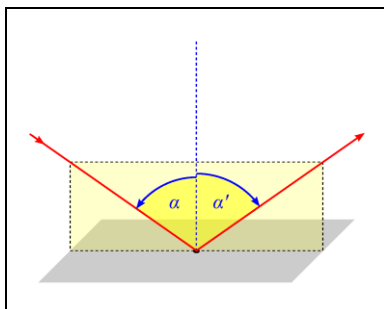
Ha nyugvó vízfelszínre fénysugarat bocsátunk, a fény egy része a levegő-víz határfelületről visszaverődik, másik része behatol a vízbe, és ott halad tovább. Hasonló jelenséget figyelhetünk meg bármely két közeg határán: *A fény egy része a két közeg határfelületéről visszaverődik.* Ezt a jelenséget *fényvisszaverődésnek* nevezzük.



A fény visszaverődésének leírásához felhasználjuk a mechanikai hullámoknál megismert fogalmakat. *Beesési pontnak* nevezzük azt a pontot, ahol a fénysugár eléri a két közeg határfelületét. A *beesési merőleges* a beesési ponton átmenő, a határfelületre merőleges egyenes. *Beesési szögnek* nevezzük a beeső fénysugár és a beesési merőleges közti szöget; a *visszaverődési szög* a visszavert sugár és a beesési merőleges által bezárt szög.



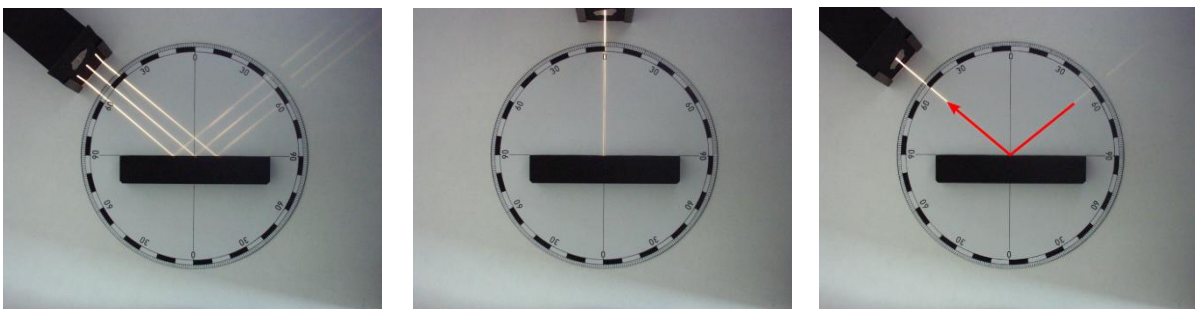
Két közeg határfelületére fénysugarat bocsátva, mérésekkel igazolhatók a *fényvisszaverődés törvényei*: *A beeső fénysugár, a beesési merőleges és a visszavert fénysugár egy síkban van, továbbá a beesési szög és a visszaverődési szög egyenlő nagyságú.*



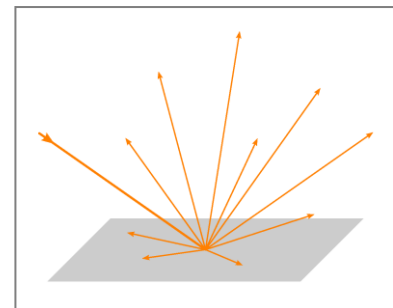
Látható, hogy a fényvisszaverődésre, illetve a térbeli mechanikai hullámok visszaverődésére vonatkozó törvények hasonlóak.

A fentiek alapján könnyen beláthatók, illetve kísérletileg is igazolhatók a következő megállapítások:

- a) A síktükörrre érkező párhuzamos fénysugarak visszaverődés után is párhuzamosak maradnak.
- b) A merőlegesen beeső fénysugár önmagába verődik vissza.
- c) A visszavert fénysugár irányából érkező fény a beeső sugár irányába verődik vissza, tehát a fénysugár útja visszaverődésnél megfordítható.



A hullámok visszaverődése című fejezetben láttuk, hogy a visszaverődés törvényei csak akkor érvényesek, ha a visszaverő felület elég sima. Durva kiemelkedéseket és bemélyedéseket tartalmazó felületen szórt (diffúz) visszaverődés jön létre. Hasonló a helyzet fényvisszaverődéskor is. A papír, a fal, a vetítövásznon felülete érdes, ezért ezek a felületek a rájuk eső párhuzamos fénysugarakat minden irányba szétszórják. Ezért láthatók az ilyen felületek minden irányból. Ezt a fajta visszaverődést *diffúz fényvisszaverődésnek* nevezzük.

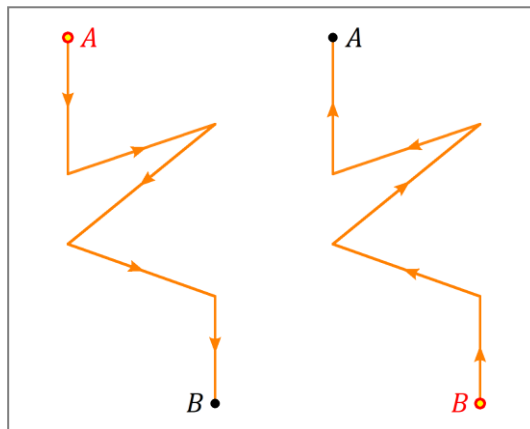


Kiegészítések

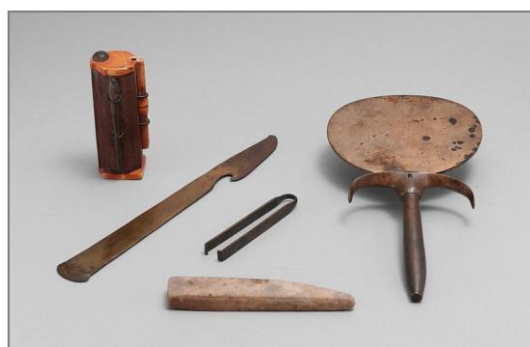
1. A fényvisszaverődést latin eredetű kifejezéssel *reflexiónak* is nevezik.
2. A fényvisszaverődés törvényét *Eukleidész* (i.e. 300 körül) görög matematikus, természettudós állapította meg. Fénytani ismereteit *Optika*, illetve *Katoptrika* című könyveiben írta le. Eukleidész legjelentősebb alkotása a 13 részes *Elemek* című műve. Ebben összefoglalta a görög matematika addigi eredményeit, de ezeket saját felismeréseivel is kiegészítette. A mű első hat kötete tartalmazza a geometria axiómáit. Ezt az axiómarendszert egészen a XIX. századig használták a

matematikusok. Csak *Bolyai János* (1802–1860) magyar és *Nyikolaj Ivanovics Lobacsevszkij* (1792–1856) orosz matematikus ismerte fel egymástól függetlenül, hogy Eukleidész V. axiómája felesleges, az enélkül megalkotott geometria is használható.

3. A fénysugarak útja a tapasztalatok szerint nemcsak visszaverődésnél, hanem általános esetben is megfordítható. Ez a szabály a fénysugarak megfordíthatóságának elve: *Ha az A pontból kiinduló fénysugár valamilyen úton eljut a B pontba, akkor a B-be érkező fényvel ellentétes irányba indított fénysugár is eljut az A-ba.*



4. A legrégebbi ismert tükrök 5000 éves egyiptomi sírokból előkerült réztükrök. A kínaiak szintén évezredek óta ismerik a tükröt. Velencében már a középkorban fémréteggel bevont, csiszolt üvegtükröket készítettek. A gyártási folyamat sokáig Velence féltve őrzött titka volt.



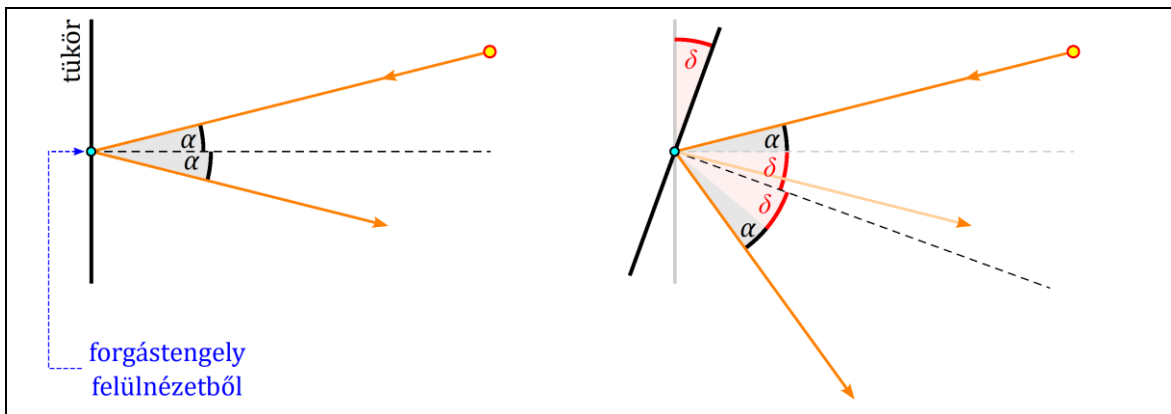
5. Az alábbi táblázatban feltüntettük, hogy a különféle fémek a merőlegesen beeső fény hány százalékát verik vissza.

ANYAG	VISSZAVÉRÉSI EGYÜTTTHATÓ
Króm	70%
Higany	77%
Arany	82%
Alumínium	92%
Ezüst	95%

Látható, hogy a fémek a felületükre beeső fény nagy részét visszaverik, ezért különösen alkalmasak tükrökészítésre. Az üvegtükrök tükröző felülete is vékony

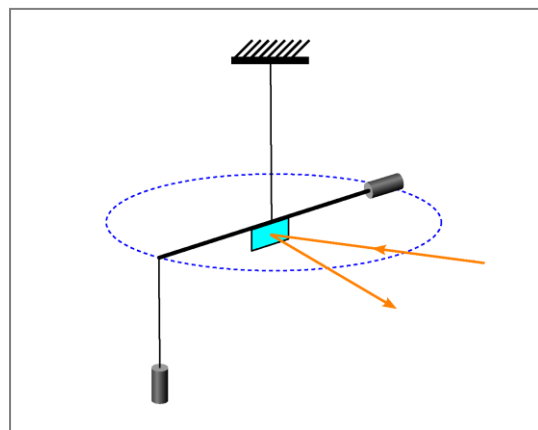
fémréteg, többnyire ezüst vagy alumínium. A fémréteget vagy vegyi úton, vagy a fém elpárolgatásával viszik fel az üvegre. Az üveg megvédi a fémréteget az oxidációtól. Optikai célokra azonban az ilyen üvegtükör nem alkalmas, mert az üveg első felülete is visszaveri a fényt, így a tükörről két fénysugár verődik vissza: egy erősebb a hátsó fémfelületről, és egy halványabb az üveg első felületéről.

6. Ha egy tükörrre fénysugarat bocsájtok, és a tükröt a tükör síkjában fekvő egyenes körül δ szöggel elforgatjuk, akkor a tükörről visszavert sugár $2 \cdot \delta$ szöggel fordul el.



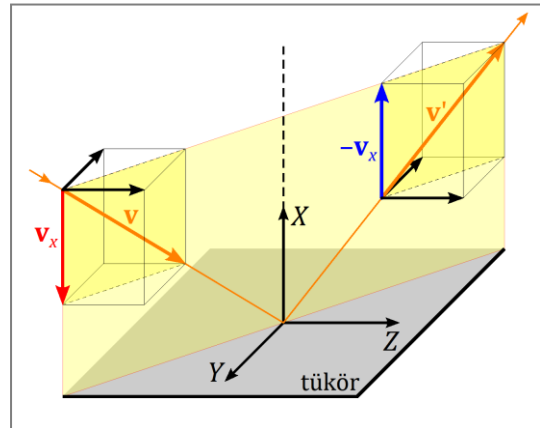
A rajz alapján ellenőrizhető, hogy a tükör δ szöggel történő elfordításakor a beesési merőleges is δ szöggel fordul el. Emiatt a beesési szög is δ -val változik, azaz $\alpha + \delta$ nagyságú lesz. A visszaverődési törvény miatt a visszaverődési szög is $\alpha + \delta$ lesz, azaz ez is δ -val változik. A beeső sugár és a visszavert sugár közti szög változása tehát $2 \cdot \delta$ lesz.

Amikor nagyon kicsi elfordulásokat vagy elmozdulásokat kell kimutatni vagy megmérni, sok esetben használnak tükröt és fénysugarat (napjainkban elsősorban lézert). A megoldás egyik előnye, hogy a tükör kétszeresére növeli a szögelfordulást, másrészt hosszú és súlytalan fénymutatót lehet alkalmazni. Mindezek miatt még kicsi szögelfordulás is a visszavert fénysugár jól megfigyelhető (és mérhető) elmozdulását



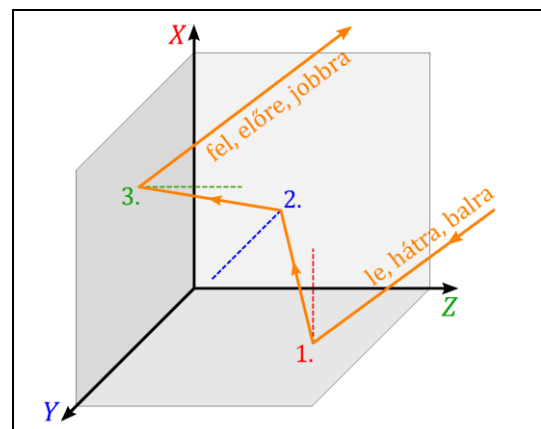
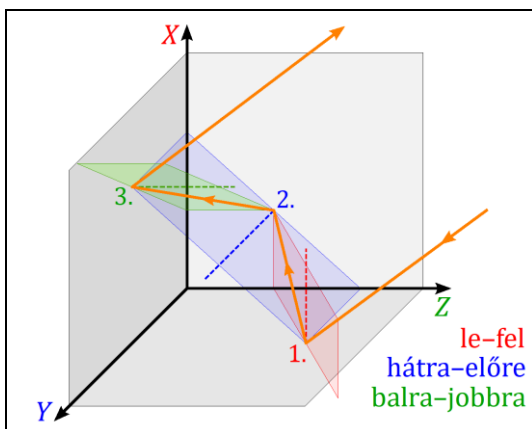
eredményezi az ernyőn vagy a mérőskálán. Ilyen fénymutatót használnak érzékeny áramerősség-mérő műszerekben (galvanométerekben) és ezt a megoldást használta *Eötvös Loránd* is a torziós ingájában az inga nagyon kicsi elfordulásának méréséhez.

7. Vizsgáljuk meg a fénysugár irányát egy tükörről történő fényvisszaverődés előtt és után! Ezek az irányok megadhatók egy-egy olyan vektorral, amelyek a beeső, illetve a visszavert fénysugárra illeszkednek és azonos nagyságúak (\mathbf{v} és \mathbf{v}'). Vegyünk fel egy olyan *koordináta-rendszert*, amelynek X tengelye egybeesik a beesési merőlegessel;



Y és Z tengelye pedig a tükör síkjában van! Jelölje a beeső fénysugárra illeszkedő \mathbf{v} vektor komponenseit \mathbf{v}_x , \mathbf{v}_y és \mathbf{v}_z ! (A rajzon csak az X irányú összetevők jelét tüntettük fel.) A rajz alapján belátható, hogy a visszavert fénysugárra illeszkedő \mathbf{v}' vektor komponensei $-\mathbf{v}_x$, \mathbf{v}_y és \mathbf{v}_z lesznek. Eszerint *fényvisszaverődéskor a terjedési irányt megadó vektornak csupán a beesési merőleges irányába eső összetevője válik ellenkező irányúvá, a másik két komponens változatlan marad.*

8. A *sarokreflektor* három, egymásra merőleges, egymáshoz rögzített tükörből áll. Vizsgáljuk meg, milyen a beeső fénysugárhoz képest a sarokreflektorról visszaverődő fénysugár iránya, ha a sugár mindhárom lapról egyszer-egyszer verődik vissza! A fénysugarak irányát vizsgáljuk egy olyan koordináta-rendszerben, melynek tengelyei egybeesnek a tükörsíkok metszészvonalával (X, Y, Z)! Ezek most párhuzamosak a beesési merőlegesekkel. Láttuk, hogy fényvisszaverődéskor a terjedési irányt megadó vektornak a beesési merőleges irányába eső összetevője ellentétesre változik.



Ha tehát a sarokreflektorra beeső fénysugár mindhárom lapról egyszer-egyszer verődik vissza, akkor a fény terjedési irányát megadó vektor mindhárom összetevője ellentétesre változik, így a kilépő fénysugár iránya éppen ellentétes lesz a beeső sugár

irányával. Emiatt a sarokreflektorra beeső és az onnan visszaverődő fénysugár párhuzamos lesz egymással. A sarokreflektor tehát a fényforrásról jövő fényt mindig a fényforrás felé veri vissza. (Az eszköz működését bemutató *PowerPoint* bemutató a http://www.fizkapu.hu/fiztan/toltes/t_0053.html címről letölthető.)

A sarokreflektor a fényképezőgép vagy videokamera lencséjének a közepéről kiinduló fényt ugyanide veri vissza, ezért a felvételen a lencse mindig éppen a tükrök metszéspontjában látható, függetlenül a sarokreflektor helyzetétől. (Ezt a jelenséget bemutató YouTube videó itt található:

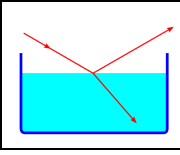
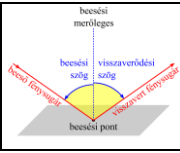
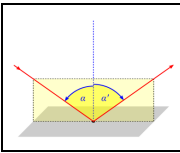




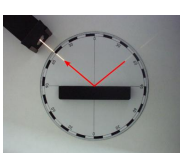


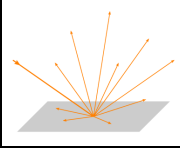
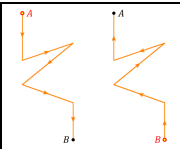
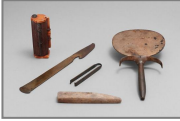
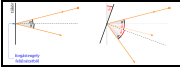
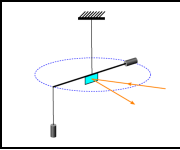
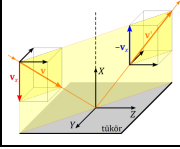
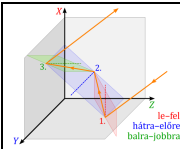
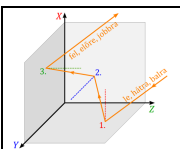

<https://www.youtube.com/watch?v=DJ2KDzWiFxI>.)

9. A visszaverődés törvényei a mechanikai és az elektromágneses hullámoknál, illetve a fénynél is ugyanolyanok, ezért a sarokreflektor elve más hullámfajtáknál is használható. Például a légi, illetve a vízi közlekedés biztonságának növelésére az akadályokra (távvezetékek, tornyok, kémények, hidak, zátonyok stb.), illetve a járművekre sarokreflektorokat szerelnek, amelyek a radarhullámokat a radarforrás (repülő, helikopter, hajó) felé verik vissza. A radarhullámok hullámhossza centiméter-deciméter nagyságrendű, ezért a visszaverő felületnek nem kell tükörsimának lennie, mert az eltérések így is jóval kisebbek, mint a hullámhossz.



Képek jegyzéke

	<p>A fény visszaverődése a víz felszínéről</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0604.svg</p>
	<p>A fényvisszaverődés leírásához használt fogalmak</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0605.svg</p>
	<p>Rajz a fényvisszaverődés törvényeihez</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0606.svg</p>
	<p>Fényvisszaverődés (20°)</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0613.jpg</p> <p><i>PowerPoint bemutató hasonló képekből:</i></p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fiztan/toletes/t_0051/t0051_01.ppt</p>
	<p>Fényvisszaverődés (60°)</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0617.jpg</p>
	<p>Párhuzamos fénysugarak visszaverődése síktükörről</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0621.jpg</p>
	<p>Merőleges fénysugár visszaverődése</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0611.jpg</p>
	<p>A fénysugarak megfordíthatósága fényvisszaverődésnél</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0607.svg</p>

	<p>Diffúz fényvisszaverődés</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0608.svg</p>
	<p>A fénysugarak megfordíthatósága</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0609.svg</p>
	<p>Ókori egyiptomi réztükör és kozmetikai eszközök (i. e. 1550-1458. körül)</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Egyptian_cosmetic_set.jpg</p>
	<p>Rajz a levezetéshez (a tükör és a visszavert fénysugár elfordulása)</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0610.svg</p>
	<p>Tükör és fénymutató az Eötvös-ingán</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0611.svg</p>
	<p>A fény irányának megváltozása fényvisszaverődéskor</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0612.svg</p>
	<p>A fény sarokreflektoron történő háromszoros visszaverődése</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0613.svg</p> <p>PowerPoint bemutató hasonló képekből:</p> <p>© http://fizkapu.hu/fiztan/toltes/t_0053.html</p>
	<p>A sarokreflektorba belépő és kilépő fény irányának összehasonlítása</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0614.svg</p>
	<p>Sarokreflektor három tükörből</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1051.jpg</p> <p>Videó:</p> <p>© https://www.youtube.com/watch?v=DJ2KDzWiFxI</p>



Sarokreflektorokból álló radarvisszaverő eszköz egy vitorlášhajón

W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radar_Reflector_in_Rigging.jpg

Jelmagyarázat:

© **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A *Wikimedia Commons*-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	
--	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	--