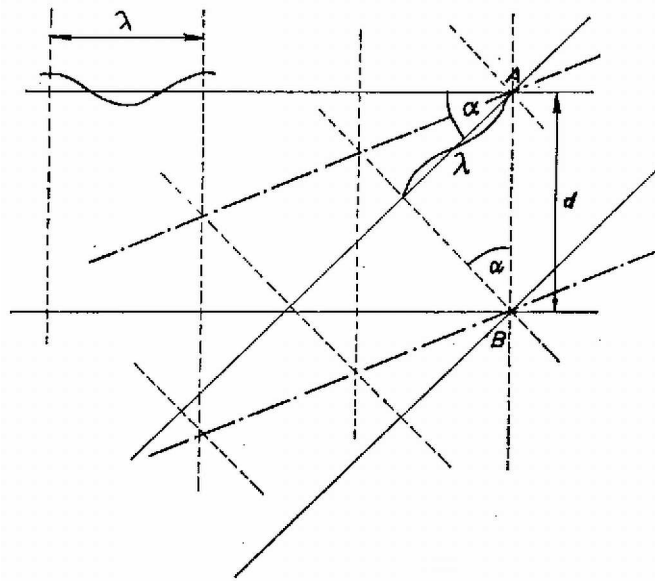


Az utóbbi években vált ismeretessé a hologram néven említett ábrázolási eljárás. Ha térbeli tárgyról, lencsével leképezve közönséges fényképet készítünk, akkor a tárgy képét egy bizonyos pontból nézve kapjuk meg, és magától értetődően az egész tárgy képéhez az egész fénykép területére szükség van. Ha a tájképről levágjuk az eget, akkor az már nincs rajta a képen. Ezzel szemben a hologram nem lencsés leképezéssel, hanem az interferencia felhasználásával készül. Meglepő, első pillanatban érthetetlen tulajdonsága, hogy olyan térbeli képet ad, amely a nézés iránya szerint a tárgy részeit különböző viszonylagos helyzetekben mutatja, más szóval paralaxis-eltérések észlelhetők. A sík lemezen rögzített hologramot nézve a képet bizonyos mértékben körül sétálhatjuk, mögéje nézhetünk. Azonkívül a hologramot szét lehet darabolni, és mindegyik része továbbra is az egész tárgyat mutatja.

A hologram működését elemi úton is megérthetjük. Ennek érdekében két fénytani jelenséget kell emlékeztünkben felidézni.

1. *Hullámmezők találkozása.* Az 1. ábrán balról jobbra, vízszintesen halad egy síkhullám.



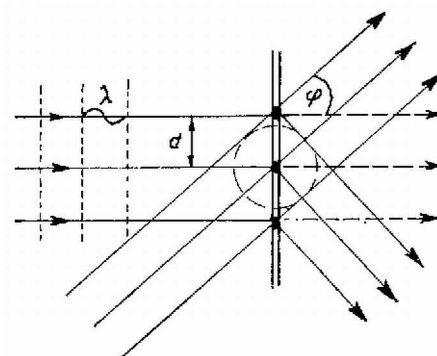
1. ábra

Ezen fénysebességgel haladnak jobbra a hullámhegyek, egymástól λ hullámhossznyi távolságban. Szaggatott vonalak tüntetik fel, a haladási irányra merőlegesen azokat a helyeket, ahol a hullámhegyek egy bizonyos pillanatban találhatóak. De egy másik, ugyanilyen síkhullám is érkezik, az elsővel α szöveget bezáró irányból. A haladási irányra merőlegesen itt is be vannak jelölve a hullámhegyeket szállító hullámfelületek. Azonnal belátható: az egyező fázisú hullámfelületek találkozási helyein állandóan erősítés megy végbe, és a térben a két hullám szögfelezőjében állandóan erős a hullámzás (ábránkon az eredményvonallal rajzolt helyeken).

Pontosan ilyen ábrát látunk, ha a víz felszínén találkozik két hullám, például egy falon történő visszaverődés következtében. Gondolatmenetünkkel sok interferenciajelenséget tárgyalhatunk. Ha például hullámterünkbe az AB ernyőt állítjuk, ezen sötét és világos helyek sorozatát látjuk. Két világos (illetve két sötét) hely távolsága az ernyőn:

$$d = \frac{\lambda}{\sin \alpha}$$

2. *Az optikai rács.* Az optikai rács rések állandó távolságú sorozata (2. ábra, d rácsállandó).



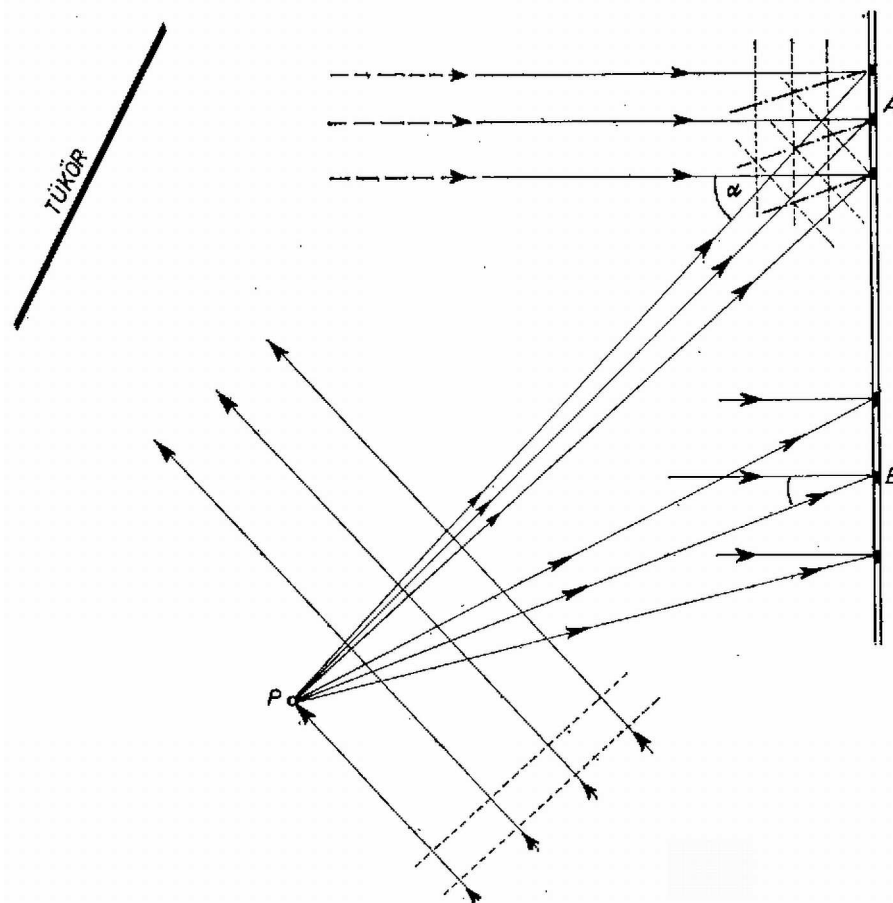
2. ábra

Ha a rácsra síkhullám érkezik, a Huygens-féle jelenség értelmében minden résből gömbhullámok indulnak tovább. A φ szögben induló hullámok akkor erősítik egymást, ha $d \sin \varphi$ útkülönbségük egyenlő a hullámhosszal (első erősítés esetében):

$$\lambda = d \sin \varphi.$$

A bal oldal felé is indulnak gömbhullámok, ha lehetséges a megfigyelésük, errefelé is észlelünk erősítést, fényt $\sin \varphi = \lambda/d$ irányban.

Most már következhet a hologram magyarázata (3. ábra).

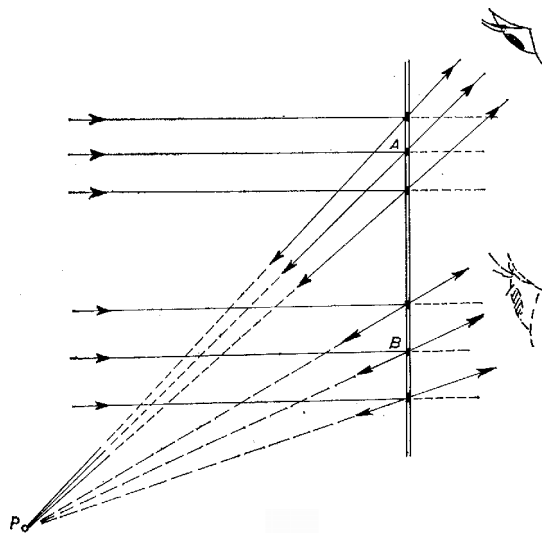


3. ábra

Készítsünk a P pontban elhelyezett kis tárgyról, hengerről hologramot. Alulról, jobbról párhuzamos sugárnyalábot bocsátunk P tárgyra. Ezek egy része visszaverődik, szóródik P tárgyon, és a szórt hullámok gömb alakban terjednek. A nagy távolság következtében a szórt fény hullámfelületének kis darabja A -ban gyakorlatilag sík, sugarai szinte párhuzamos egyenesek. A rá merőleges hullámfelületeket itt is szaggatott vonalak tüntetik fel. Ne felejtjük el, ábránk nem lehet méretarányos, hiszen a rajzban szereplő hullámhosszakhoz viszonyítva PA távolságnak kilométeresnek kellene lennie.

A megvilágításra használt fény-nyaláb nagy része elhalad P tárgy mellett. Ezeket egy tükörrel visszaverjük A pont irányába. Ennek a nyalábnak referencia-nyaláb a neve. A pontban a tárgyról szórt fény és a tükörről visszavert referencia-nyaláb α szög alatt találkozik és átjárja egymást. Az eredmény: egyenesek mentén erősítések keletkeznek (az eredmény vonalak). Az AB síkba helyezett fényképezőlemezre optikai rács fényképeződik, amelynek rácsállandója $d = \lambda / \sin \alpha$. A lemez B pontjában is ugyanez történik, de mivel itt α szög kisebb, ennek a rácsnak nagyobb a rácsállandója. Természetesen A és B között mindenütt optikai rács fényképét kapjuk, állandóan növekvő rácsállandóval. Megfelelő idejű megvilágítás után a lemezt előhívják.

Ezután gyönyörködni fogunk elkészült hologramunkban (4. ábra).



4. ábra

A lemezt balról λ hullámhosszúságú fényel világítjuk át. A pontban úgy viselkedik a hologram, mint egy optikai rács, tehát az első erősítés $\sin \varphi = \lambda/d$ irányban keletkezik. Mivel $d = \lambda/\sin \alpha$, ezért

$$\sin \varphi = \lambda : \frac{\lambda}{\sin \alpha} = \sin \alpha, \quad \varphi = \alpha.$$

Vagyis a rácsról távozó sugarakba tekintő szem ugyanolyan a irányban lát fényt, látja P -t, amely irányban a felvételkor, a 3. ábrán a P -ről szórt sugarak A -ban a lemezt érték. Ha a szem B -nél néz a hologramra, az itt ritkább rács kisebb szögben adja az első erősítést, és a rácsról távozó fénysugarak szintén az eredeti helyen levő P -ből látszanak jönni. Azt is figyelembe kell vennünk, hogy a 3. ábrán P tárgyról az A pontba érkező sugarak nem egészen párhuzamosak, ezért a rácsállandó A pont környezetében sem egészen egyenletes, feljebb kissé sűrűbb, lejjebb kissé ritkább. Így az A -ból a szem felé induló sugarak nem egészen párhuzamosak, hanem kissé széttartóak, tehát a szem egészen pontosan P -ben lát virtuális képet. A bal felé induló sugarak összetartók és éppen P -ben reális, ernyőn felfogható képet adnak.

Egy valóságos tárgy igen sok P -hez hasonló részecskékből áll, amelyek mindegyikéről az elmondottak szerint kapunk virtuális és reális képet. A hologram minden tulajdonsága érthetővé válik. A tárgy különböző oldalokról történő látása, körüljárhatósága azt jelenti, hogy a hologram különböző helyein nézve keresztül P pontot és társait mindig az eredeti térbeli elhelyezésük szerint látjuk, a nézési helynek megfelelő perspektíva szerint. Amikor az A körüli helyen nézünk át, a többi lemezrészelt eldobhatjuk, mégis látjuk a tárgy egészét úgy, ahogyan azt A -ból látni lehet. Egy megcsönkített optikai rácson át nézve a higany színeképet, nem hiányzik például az ibolyaszínű vonal. Természetesen ha a hologram B körüli részét elajándékoztuk, akkor már nem járhatjuk addig körül a tárgyat, hogy a B -nek megfelelő perspektívából is nézzük. Azon kívül addig sem lehet darabolni a hologramot, amíg a rács egyetlen eleme marad már csak meg.

Feltétlenül kiemelendő, hogy a hologram készítéséhez és nézéséhez elkerülhetetlenül koherens fény kell, vagyis olyan, amelynél minden pillanatban, minden részben együtt megy végbe a rezgés, rendezetlen fázisugrálások nélkül. A P -ről szórt fény és a referencia-nyaláb kölcsönös fázisviszonyának állandónak kell maradnia. A felvételhez feltétlenül lézer kell, a nézés történhet esetleg spektrál-lámpával, kis lyukon át.

Az 1971. évi fizikai Nobel díjat a magyar származású *Gábor Dénes* kapta a holográfia módszerének kidolgozásáért.