

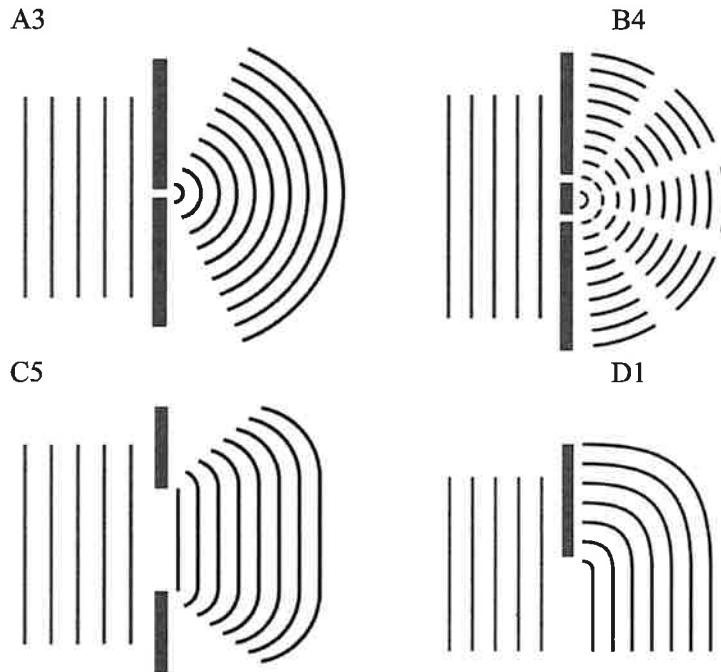
11 Aallot voivat vahvistaa tai heikentää toisiaan

11-8.

- Kummankin aallon aallonpituus on 10 ruutua.
- Aaltojen samassa vaiheessa olevien aaltojen kohtien (kuten aaltojen huippujen) matkaero on 2,5 ruutua eli 0,25 aallonpituutta.

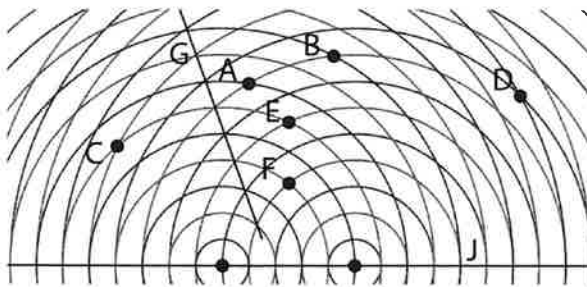
11-9.

- Tilanteet liittyvät diffraktioon.
- A3, B4, C5 ja D1



11-10.

- Kuvaan merkityt pisteet A, B, C, D, E ja F ovat esimerkkipisteitä, joissa annetut ehdot toteutuvat. Pisteissä A ja B matkaero on $\frac{1}{2}\lambda$, pisteissä C ja D 2λ ja pisteissä E ja F nolla.

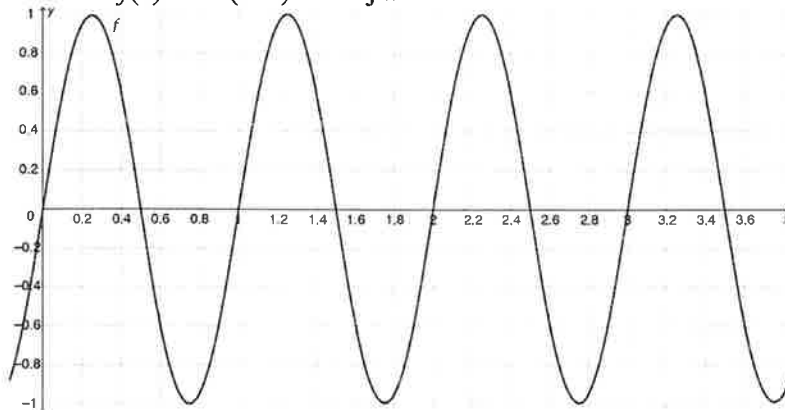


- Kuvassa siniset ympyrät kuvaavat aaltorintamien huippuja ja mustat pohjia. Aallot ovat samassa vaiheessa ja vahvistavat toisiaan kohdissa, joissa huiput kohtaavat toisensa ja samoin pohjat kohtaavat toisensa eli suora kulkee niiden pisteiden kautta, jossa samalla värillä piirretyt kaaret leikkaavat. Eräs tällainen suunta on suoran G suunta. Aallot kumoavat toisensa, kun aaltojen huiput ja pohjat kohtaavat eli suora kulkee niiden pisteiden kautta, jossa eri värillä piirretyt kaaret leikkaavat. Suora J on esimerkkisuora, jonka suunnassa aallot kumoavat toisensa.
- Aaltojen toisiaan vahvistavat ja heikentävät suunnat vaihtuvat keskenään.

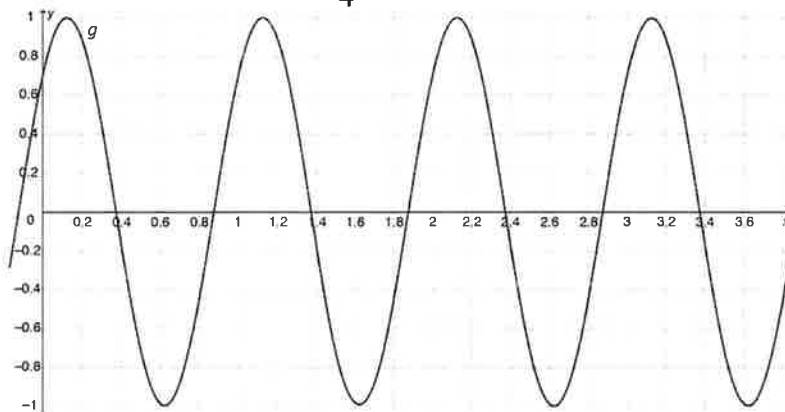
11 Aallot voivat vahvistaa tai heikentää toisiaan

11-11.

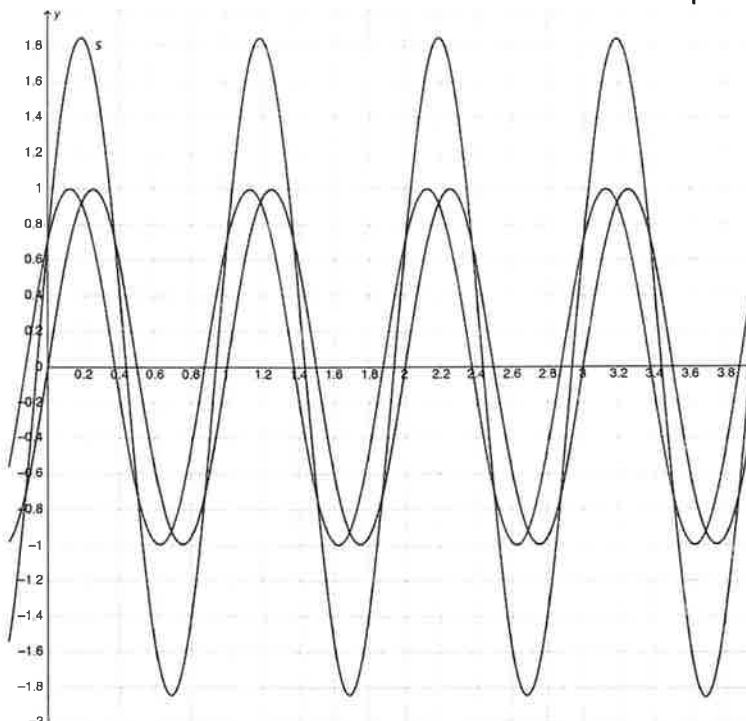
a) Funktion $f(x) = \sin(2\pi x)$ kuvaaja:



Funktion $g(x) = \sin(2\pi x + \frac{\pi}{4})$ kuvaaja:

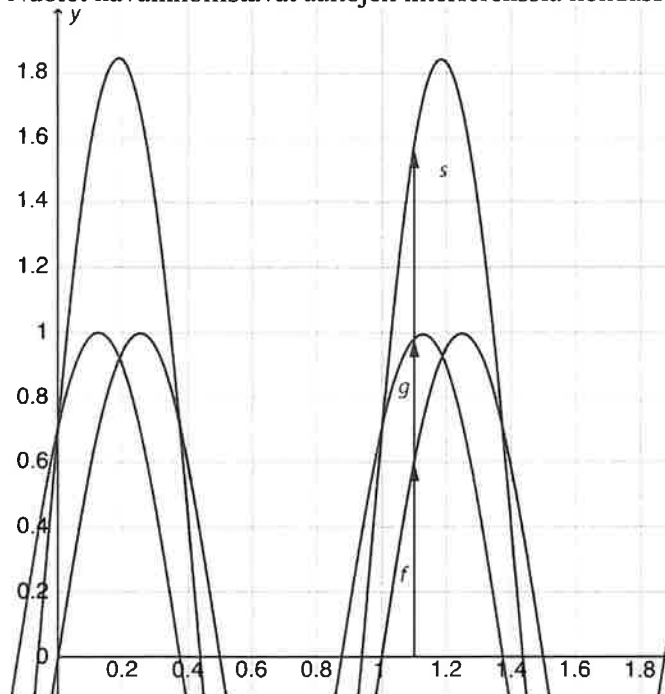


b) Funktioiden summa kuvaaja $s(x) = \sin(2\pi x) + \sin(2\pi x + \frac{\pi}{4})$:



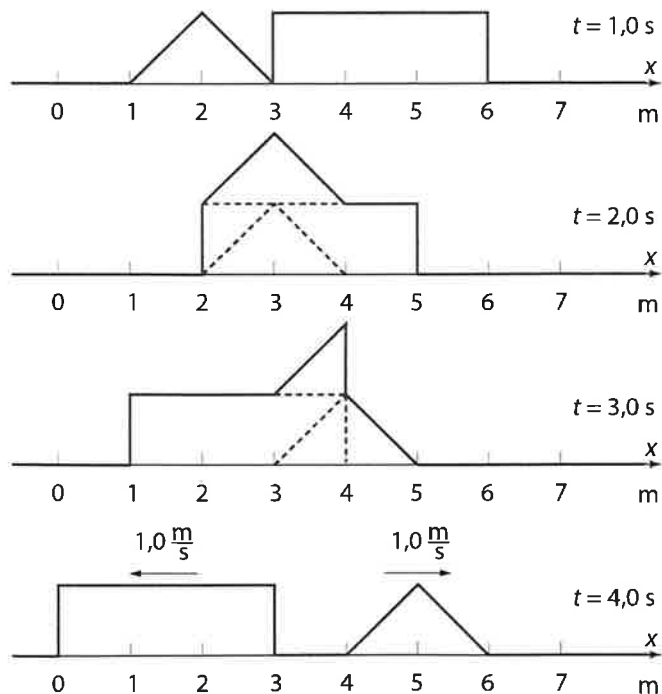
11 Aallot voivat vahvistaa tai heikentää toisiaan

Nuolet havainnollistavat aaltojen interferenssiä kohdassa $x = 1,1$.



11-12.

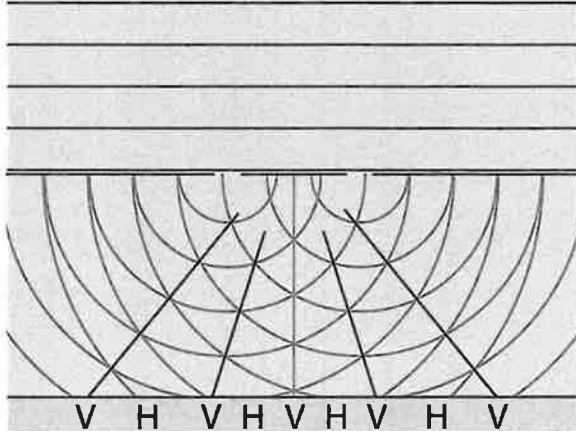
Pulssien poikkeamat ovat samaan suuntaan tasapainoasemasta, joten pulssien kohdatessa poikkeamat lasketaan kullakin hetkellä yhteen. Huomaa, että kumpikin pulssi liikkuu yhden metrin sekunnissa ja pulssien suunnat ovat vastakkaiset toisiinsa nähden. Superpositioperiaatteen mukaisesti pulssien kohtaamisessa kumpikin pulssi säilyttää muotonsa. Kun pulssit ovat ohittaneet toisensa, kummankin pulssin muoto on alkuperäinen.



11 Aallot voivat vahvistaa tai heikentää toisiaan

11-13.

- a) Kun tasoaaltorintamat kohtaavat aallonmurtajassa olevat aukot, kumpikin aukko toimii Huygensin periaatteen mukaisesti ympyränmuotoisen aallon lähteenä. Näin aallot taipuvat ja etenevät myös aaltojen esteenä olevan aallonmurtajan taakse. Kyseinen ilmiö on diffraktio. Kun diffraktoituneet aallot kohtaavat, syntyy aaltojen interferenssi. Niissä kohdissa joissa aaltojen huiput kohtaavat, aallot vahvistavat toisiaan. Niissä kohdissa joissa aaltojen huiput ja pohjat kohtaavat, aallot heikentävät toisiaan. Kohdan b kuvassa satama-altaaseen piirretty suorat V esittävät suuntia, joissa aallot vahvistavat toisiaan. Heijastumisia seinästä ei ole otettu huomioon.
- b) Satama-altaassa aallot etenevät puolilympyrän muotoisina aaltorintamina. Kuvassa aaltojen huippuja on kuvattu sinisillä puolilympyröillä.



- c) Kun aaltorintamien huippujen leikkauskohtien kautta piirretään suorat, saadaan selville suunnat, joissa aallot vahvistavat toisiaan. Altaan reunan kohdissa V aallot ovat voimakkaimmat. Näiden kohtien väliin jäävät kohdat H, joissa aallot ovat heikoimmat. Aaltoilu ei ole yhtä voimakasta koko altaassa. Lähellä aallonmurtajaa altaan reunoilla aaltoilu on heikointa.

11-14.

- a) Vedenpinnan aaltoliike muodostuu, kun lähteiden synnyttämät aallot interferoivat keskenään. Aaltojen vaaleissa ja tummissa kohdissa lähteiden synnyttämät aallot ovat samassa vaiheessa (vahvistava interferenssi): aaltojen huiput osuvat päällekkäin, samoin pohjat. Näissä kohdissa lähteistä mitattujen etäisyyksien erotus on aallonpituuksien kokonainen monikerta eli $\Delta d = n\lambda$, $n = 0, 1, 2, \dots$. Näissä kohdissa aaltoliike on voimakasta. Harmaiden juovien esittämissä kohdissa aallot ovat vastakkaisessa vaiheessa (heikentävä interferenssi). Tällöin yhdestä lähteestä saapuvan aallon pohja ja toisen lähteen aallon huippu osuvat päällekkäin ja aallot sammuttavat toisensa. Näissä kohdissa lähteistä mitattujen etäisyyksien erotus on aallonpituuksien puolikkaiden kokonainen monikerta. Aallot sammuttavat toisensa täysin vain, mikäli aaltojen amplitudit ovat yhtä suuret. Tällöin vesi ei aaltoile. Aaltojen amplitudi kuitenkin pienenee etäisyyden kasvaessa. Siksi aallot eivät täysin sammuta toisiaan kohdissa, joissa etäisyysero lähteisiin on saanut aikaan huomattavan eron aaltojen amplitudeihin.
- b) Oletetaan aaltojen nopeus $v = f\lambda$ vakioksi. Tällöin taajuuden kaksinkertaistuessa aallonpituus pienenee puoleen ja aaltojen etenemissuunnassa aallon huippujen ja pohjien välimatka lyhenee. Vahvistavat ja heikentävät interferenssit toteutuvat pienemmällä matkaeroilla kuin kuvassa eli harmaiden kohtien muodostama ”viuhka” tiivistyy.

11 Aallot voivat vahvistaa tai heikentää toisiaan

- c) Kun toisen lähteen vaihe käännetään vastakkaiseksi, aallot ovat samassa vaiheessa ja vahvistavat toisiaan pisteissä, joissa aaltojen matkaero on pariton monikerta aallonpituuden puolikkaita. Vastaavasti aallot ovat vastakkaisessa vaiheessa ja heikentävät toisiaan, kun matkaero on aallonpituuden kokonainen monikerta. Alkuperäiseen kuvaan verrattuna minimi- ja maksimit vaihtavat paikkaa keskenään.