

Videon käyttö mittausvälineenä

Videota voidaan käyttää fysiikan opetuksessa erilaisten liikkeiden analysoinnin välineenä. Videon avulla voidaan tutkia myös liikkeitä joiden analysointi muilla menetelmillä ei ole mahdollista, kuten urheilusuorituksia.

Tietokoneavusteinen videoanalyysi helpottaa ja nopeuttaa analyysiprosessia huomattavasti automatisoimalla koordinaattien lukemisen ja kuvaajien piirtämisen.

Videoanalyysi on aina jossain määrin hidas ja käsityötä vaativa prosessi. Jos mitattavaa on paljon, videoanalyysiä kannattaa käyttää vain, elleivät nopeammat menetelmät kuten tietokonemittaus ole mahdollista. Toisaalta videoanalyysi on konkreettista, havainnollista ja jopa hauskaa puuhaa.

Videoanalyysin periaate

Videon liikkuvalla näytettävä kuva (kuten myös television kuva ja elokuva) koostuu peräkkäisistä liikkumattomista kuvista eli *ruuduista* (frames). Ruudut näytetään katsojalle niin nopeasti peräkkäin, että yksittäisiä kuvia ei erota, vaan syntyy vaikutelma liikkeestä. Yksittäisiä ruutuja voidaan kuitenkin tarkastella videonauhurin tai tietokoneen videotoisto-ohjelman pysäytyskuvatoiminnon avulla.

Digikameralla kuvatus videon kuvataajuus on yleensä 30 s^{-1} , uudemmissa laitteissa on myös 60 s^{-1} kuvataajuus. Eräissä malleissa on käytössä vielä suurempia kuvataajuuksia, aina 1000 s^{-1} asti.

Kuvataajuuden voi tarvittaessa selvittää kuvaamalla esim. kellon sekuntiosoitinta, ja laskemalla monenko ruudun aikana osoitin liikkuu yhden sekunnin matkan.

Analyysia varten tutkittava liike kuvataan ensin videoksi. Sitä katsotaan pysäytyskuvina, edeten joko yksi tai useampi ruutu kerrallaan, ja merkitään muistiin liikkuvan esineen paikat kussakin ruudussa. Kappaleen todellinen rata kahdessa ulottuvuudessa voidaan määrittää, kun kuvataajuuden lisäksi tiedetään mikä etäisyys videokuvassa vastaa tiettyä etäisyyttä luonnossa.

Analyysi tehdään nykyisin poikkeuksetta tietokoneen avulla. Alkeellisempaa menetelmää, jossa kappaleen sijainti luetaan ruudulta silmämääräisesti, ei tässä tarkastella.

Valotusaika, liike-epäterävyys, valaistus

Kuten filmiä käyttävässä kamerassa, myös videokamerassa kuvat täytyy valottaa oikein. Videokameroissa on automaattinen valotuksen säätö, joten kuvaajan tehtäväksi jää periaattessa huolehtia, että kuvattavan kohteen valaistus on tarpeeksi voimakas. Liian vähäinen valo huonontaa kuvan kontrastia ja lisää häiriökohinaa.

Videokamera säätää valotusta muun muassa muuttamalla valotusaikaa, eli aikaa jonka verran päästetään valoa kameran kuvakennolle yksittäisen kuvaruudun muodostamista varten. Valotusaika on eri asia kuin yksittäiskuvien välinen aika (kuvataajuuden käänteisluku). Valotusaika voi olla esim. $1/60\text{ s}$, mutta kuvien välillä on silti $1/30\text{ s}$.

Jos kuvattava kohde liikkuu, kameran objektiivin kuvakennolle muodostama kuva muuttuu valotuksen aikana. Muutos on sitä suurempi mitä pitempi on valotusaika, ja mitä nopeampaa on liike. Muutos näkyy videokuvassa ja erityisesti pysäytyskuvissa liike-epäterävyytenä: kohteen ääriviivat ja yksityiskohdat muuttuvat suttuisiksi, ja kohde näyttää venyvän liikkeen suunnassa. Tarkkaan analyysitulokseen pyrittäessä tämä ei ole suotavaa. Liike-epäterävyyttä voi vähentää lyhentämällä valotusaikaa.

Kotikäyttöön tarkoitetuissa videokameroissa ja digikameroiden videotilassa valotusajan suora säätö ei yleensä ole mahdollista. Kamerassa voi kuitenkin olla erityinen urheilukuvausasetus, joka säätää valotusajan niin lyhyeksi kuin se vallitsevassa valaistuksessa on mahdollista. Jos tällaista säätömahdollisuutta ei ole, on lisättävä kohteen valaistusta, jolloin kameran valotusautomaatiikka (toivottavasti) lyhentää valotusaikaa.

Toinen mahdollisuus valotusajan lyhentämiseen on kasvattaa kuvataajuutta, koska valotusaika ei voi olla pitempi kuin kahden ruudun välinen aika. Kuvataajuuden kasvattamisesta on sekin etu, että toistettaessa videota normaalinopeudella liike näyttää hidastetulta, mikä saattaa auttaa havainnollistamaan nopeita ilmiöitä. Toisaalta kuvataajuuden kasvattaminen voi huonontaa kuvan laatua, ja kuvataajuus pitää muistaa muuttaa myös analyysiohjelman asetuksissa.

Tarkennus, terävyysalue

Tarkennus tarkoittaa objektiivin ja kameran kuvakennon etäisyyden säätämistä niin, että kennon pinnalle muodostuu terävä kuva kohteesta. Tällöin kuva tallentuu terävänä. Käytännössä tarkennuksessa on "pelivaraa" niin, että kohde toistuu hyväksyttävän terävänä ollessaan tietyn terävyysalueen sisällä. Terävyysalue on sitä lyhyempi, mitä kapeampi on kuvakulma (pitempi polttoväli, voimakkaampi suurennos).

Moderneissa videokuvaukseen kykenevissä kameroissa on poikkeuksetta automaattitarkennus, ja useimmissa tilanteissa se toimii tarpeeksi hyvin, mutta ei aina. Automaattitarkennus perustuu kuvan kontrasteihin. Jos liikkuva esine ei erotu kuvassa tarpeeksi selvästi, kamera tarkentaa taustaan tai ei osaa tarkentaa lainkaan. Tällöin kamera on tarkennettava käsin mikäli mahdollista; jos ei,

Koordinaatiston kuvaaminen

Kohteen lisäksi täytyy kuvata myös jotain mitta-asteikkoa tai koordinaatistoa, jotta analysoitaessa olisi mahdollista määrittää kohteen paikkakoordinaatit. Asteikon ei tarvitse olla kuvassa jatkuvasti, riittää kun sen avulla voidaan määrittää, mikä matka kuvaruudulla vastaa tiettyä matkaa todellisuudessa. Asteikkona voi käyttää esim. tauluviivoitinta. Asteikkoa kuvattaessa se täytyy asettaa mahdollisimman lähelle rataa tai ratatasoa, jotta vältetään perspektiivistä ja kuvan mahdollisista vääristymistä aiheutuvat virheet.

Videoanalyysi käytännössä

Seuraavassa esitellään yleisin tapa tehdä videoanalyysijä. Tutkittava liike kuvataan videoksi, joka siirretään tietokoneeseen ja analysoidaan tarkoitukseen sopivalla ohjelmalla.

Välineet

- Digivideokamera, tai digikamera jossa on videokuvaustoiminto. Opettajalaboratorion käytössä on Casio Exlim EX-ZR300.
- Tietokone ja analyysiohjelma, kuten LoggerPro tai Tracker.

Videotiedoston siirtäminen digikameralta tietokoneeseen

Siirto voidaan tehdä joko USB-johdolla, joka kytketään kameran ja tietokoneen väliin, tai liittämällä kameran muistikortti tietokoneeseen. Molemmissa tapauksissa muistikortin sisältö kytkeytyy osaksi

tiedostojärjestelmää, ja videotiedosto voidaan siirtää normaaleilla tiedostotoiminnoilla kamerasta tietokoneelle haluttuun kansioon.

Analyysi LoggerPro'lla

- + samat työkalut käytössä kuin mittausdatalle – matala oppimiskynnys
- + toimii vakaasti isoilla ja suurnopeudella kuvatuilla tiedostoilla
- ei automaattista koordinaattien poimintaa

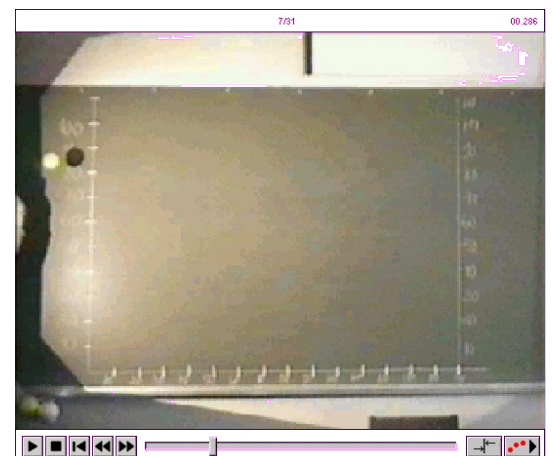
LoggerPro:ssa ladataan videotiedosto ohjelmaan toiminnolla Insert - Movie. Video näkyy nyt mittausohjelman videoanalyysi-ikkunassa. Suurennä se ainakin puolen kuvaruudun levyiseksi. Kelaat videota liikusäätimellä ja tarkista, että tutkittava näkyy kuvassa selkeästi.

Jos on käytetty muuta kuin standardia 30 1/s kuvataajuutta, tämä täytyy kertoa analyysiohjelmalle. LoggerPro:ssa se tehdään valikossa Options – Movie options – Override frame rate to:

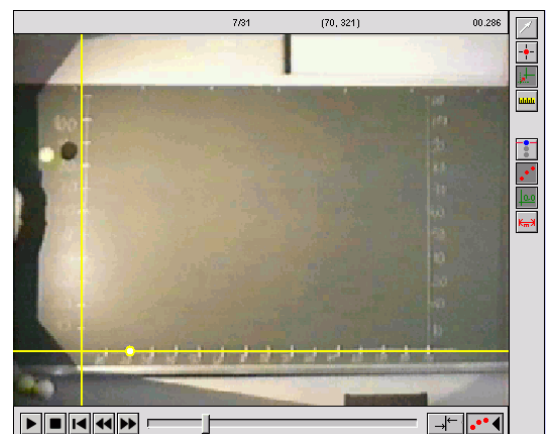
Suurella kuvataajuudella kuvattu video on usein tapahtuman tarkastelun kannalta havainnollinen, mutta siinä saattaa olla analysointia ajatellen liiankin paljon informaatiota. Analyysi nopeutuu, jos siihen otetaan mukaan vain osa ruuduista. Analyysin saa etenemään useampi ruutu kerrallaan valinnalla Options – Movie Options – Advance the movie X frame(s) after adding a new point.

Varsinainen analyysi etenee seuraavasti:

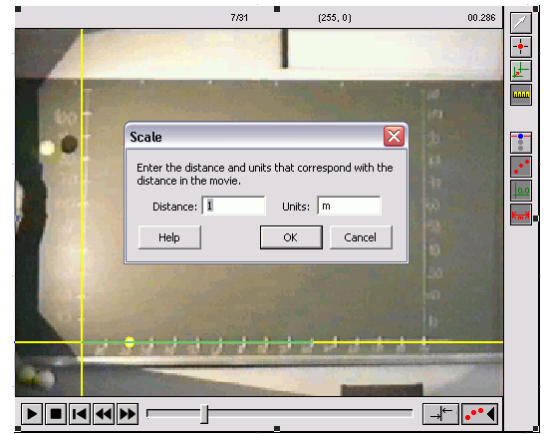
Etsi liikusäätimellä kohta, josta tutkittava liike alkaa.



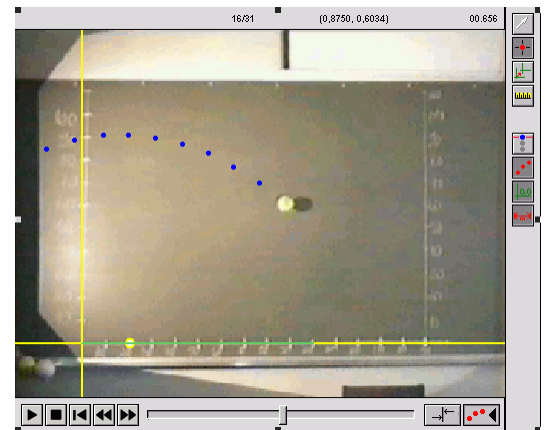
Klikkaa nappeja Enable/Disable Video Analysis  ja Set Origin  . Klikkaa kuvassa kohtaa johon haluat origon. Tarvittaessa voit kiertää akseleita keltaisesta pallukasta.



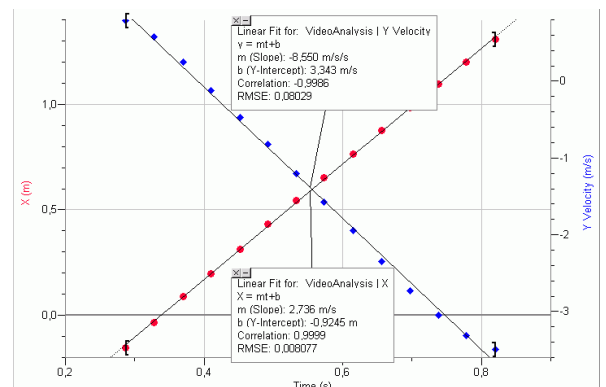
Klikkaa nappia Set Scale . Vedä kuvaan hiirellä vasen nappi alhaalla tunnetun pituinen viiva. Kirjoita viivan pituus esille tulevaan dialogiin.



Klikkaa nappia Add Point . Klikkaa kuvassa tutkittavaa kohdetta, jolloin kohteen paikalle jää merkki ja video etenee yhden ruudun. Klikkaa kohdetta uudestaan jne, ohjelma kirjaa kohteen koordinaatteja taulukkoon, ja piirtää liikkeen kuvaajia. Jatka kunnes kohde on kulkenut koko sen radan jolla liikettä halutaan tutkia. Klikkaa uudestaan nappia Add Point .



Kerättyyn dataan voidaan soveltaa kaikkia Logger Pro:n analyysityökaluja. Esimerkkikokeessa sovittamalla suorat vaakasuoran liikkeen kuvaajaan voidaan osoittaa että nopeus vaakasuunnassa on vakio, ja sovittamalla suora pystysuoran nopeuden kuvaajaan nähdään että kiihtyvyys pystysuunnassa on vakio.



Analyysi Trackerilla

- + valmiina hyödyllisiä työkaluja: liikemäärän ja liike-energian laskenta, vektorien piirtäminen
- + automaattinen koordinaattien poiminta, jos kohde erottuu hyvin taustasta
- + ilmainen, myös Linux-versio olemassa

- epävakaa joillain videotiedostoilla
- suomennos paikoin ontuva

Trackerista löytyvät periaatteessa samat toiminnot kuin LoggerPro:sta, mutta käyttölogiikka on erilainen. Käyttöä voi opiskella esimerkiksi lukuisista opetusvideoista YouTubessa:

https://www.youtube.com/results?search_query=tracker+physics .

Trackerin valtti on automaattinen koordinaattien poiminta, joka tosin toimii vain mikäli seurattavan kappaleen tausta on yksivärinen ja kappale erottuu siitä selvästi. Toimiessaan automaattipointinta nopeuttaa analyysin tekoa ratkaisevasti.