



PAPERIPUTKIRAKETTI, 1. KERHOKERTA

OPETTAJAN TYÖOHJE

KESTO

1,5 h: 1 h rakentaminen + 0,5 h PHET-simulaatio ja testiammunta

VÄLINEET

- Rakennusohjeessa esitetyt paperiputkiraketin rakentamiseen tarvittavat välineet.
- Opettajan valmiiksi tekemät laukaisualustat ja -laitteet.
- Vaaka (tarkkuus vähintään 1 g), kulmaviivaimia, tusseja
- Tietokoneita, tabletteja tai puhelimia PHET-simulaatiota varten

TOTEUTUS

Paperiputkiraketti on pienillekin kerholaisille mielekäs työ, sillä se on näyttävä, toiminnallinen ja onnistuu varmasti. Askarteluvaihe onnistuu jopa alakoululaisilta, ja eri värisillä papereilla ja tusseilla lapset saavat tehtyä hienon näköisiä ja persoonallisia raketteja.

Rakennusvaiheessa kannattaa jakaa kerholaiset neljään ryhmään, jossa jokaisessa on 2-4 henkeä. Tämä sen takia, että kukin ryhmä tutkii yhden tekijän vaikutusta rakettien lentomatkaan. Kerholaisille pitää kertoa, että ainoastaan tutkittava ominaisuus tulee muuttua. Esimerkiksi rungon pituutta tutkivassa ryhmässä jokaisen tulisi tehdä mahdollisimman samanlainen kärkikartio, samanlaiset siivet ja lisätä suunnilleen samanlainen sinitarramöykky kartion kärkeen massaksi. Koristelu ja värit ei vaikuta lentämiseen, mutta sillä raketista saa omannäköisensä!

Ohjaajat tekevät valmiiksi laukaisulaitteet. Se koostuu 1,5 l muovipullosta ja noin 20 mm halkaisijaltaan olevasta sähköputkesta. Sähköputki saa olla noin 60 cm pitkä ja se taitetaan noin 20 cm kohdalta 30°-40° kulmaan. Taivutus onnistuu hyvin lämmittämällä putkea kuumailmapuhaltimella tai varovasti liekillä, ehkä jopa hiustenkuivaajalla. Putki jähmettyy paikoilleen jäähtyttyään. Putken lyhyempi pää työnnetään 5-10 cm matkalta pullon sisälle ja liitos teipataan tukevasti kiinni ilmastointiteipillä. Näitä kannattaa tehdä valmiiksi yksi jokaiselle ryhmälle sekä pari varalle. Laukaisulaite näkyy useassa kuvassa kerhon sivuilla.

Ryhmä 1: Raketin massa

- Raketin massa kannattaa olla välillä 2...25 g. Rautakaupasta saa muutamalla eurolla kourallisen metallirikkoja, joilla on hyvä säädellä raketin massaa. Niitä voi niputtaa sinitarralla kärkikartion sisään, jolloin raketin lento on vakaata. Tässä sopiva raketin pituus on A4-arkin lyhyempi sivu, siivet mieluusti pienet.

Ryhmä 2: Raketin rungon pituus

- Rungon pituus välillä 5...25 cm. Paperin vaikutus raketin massaan ei ole merkittävä, jos muuta massaa on tapeeksi. Tässä kannattaa käyttää esimerkiksi metallirikkoja, sopiva massa raketille on noin 10 g.

Ryhmä 3: Raketin siipien koko

- Siipiä voi olla kaksi tai kolme ja niiden muoto tulisi olla suunnilleen sama (eli pituuden ja leveyden suhde sama), esimerkiksi pituus 2...10 cm ja leveys 1...5 cm. Ne kannattaa yrittää teipata mahdollisimman suoraan ja symmetrisesti raketin eri puolille. Sopiva raketin pituus on A4-arkin lyhyempi sivu ja massa korkeintaan 5 g.

Ryhmä 4: Raketin ammutakulma

- Ammuntaa varten kannattaa leikata valmiiksi laukaisualustat vähintään 50 mm paksusta foamilevystä. Alustan on hyvä olla tarpeeksi suuri suorakulmainen kolmio, jolloin se on tukeva. Kolme alustaa joissa on noin 10°, 30°, 40°, 50°, 60° ja 80° kulmat mahdollistaa riittävän mittausaineiston keruun. Kerholaiset voivat mitata kulmat ja merkitä ne näkyvästi tussilla kolmioon.
- Sopiva raketti on pienisiipinen, jonka pituus on A4-arkin lyhyempi sivu ja massa noin 20 g.



OPETUKSELLISIA NÄKÖKULMIA

- Jokaisessa ryhmässä rakennetaan vähintään neljä rakettia, nopeammat askartelijat ehtivät tehdä kaksikin rakettia. Raketit kerätään lopuksi odottamaan seuraavaa kerran tavoitteellista mittausta.
- Rakentamisen jälkeen kerholaiset voivat kokeilla PHET-simulaatiota, jonka avulla herätellään mielenkiintoa seuraavaan kertaan ja samalla pohditaan miksi rakennettiin erilaisia raketteja.
- Lopuksi kannattaa tehdä testiampunta ulkona, johon kerho on hyvä päättää. Tätä varten ohjaajan on hyvä tehdä valmiiksi pari rakettia. Samalla tulee esiteltävä laukaisulaite.

JOHDATTELU TAVOITTEELLISEEN MITTAUKSEEN PHET-SIMULAATION (LAB) AVULLA

Käytetään PHET-simulaatioita, joka HTML5-muotoisena toimii erinomaisesti tietokoneella tai kännykälläkin. Sen käyttö on kuitenkin mielekkäämpää, kun laitteen näyttö on tarpeeksi suuri. PHET-sivustossa on muitakin erinomaisia simulaatioita ainakin fysiikasta, kemiasta, biologiasta, matematiikasta ja maantieteestä.

Linkki: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/projectile-motion>

1. Ilmanvastukseton lento, asetetaan maalitaulu esimerkiksi 30 m päähän.
 - Kuka osuu siihen? Mikä ammus, alkunopeus ja kulma?
 - Vaikuttaako lentävä kappale lentomatkaan?
Ei, sillä kaikkiin vaikuttaa vain Maan painovoima ja ne putoavat samalla tavalla.
 - Mitkä tekijät vaikuttavat lentomatkaan? *Alkunopeus ja ammuntakulma.*
 - Mikä on kulma, jotta lentomatka olisi mahdollisimman pitkä? 45°
 - Jos alkunopeus kaksinkertaistuu, niin miten muuttuu lentomatka? *Nelinkertaistuu*
2. Ilmanvastus otetaan huomioon, maalitaulu samassa paikassa
 - Vaikuttaako lentävä kappale lentomatkaan? *Kyllä*
 - Ammutaan samanpainoisia, mutta eri kokoisia jalkapalloja samaan kulmaan. Mikä lentää kauimmas? *Mitä pienempi koko, sen suurempi lentomatka. Ilmanvastusvoima on sitä suurempi mitä suurempi on koko.*
 - Ammutaan samankokoisia, mutta eri painoisia jalkapalloja samaan kulmaan. Mikä lentää kauimmas? *Mitä raskaampi, sen kauemmas. Ilmanvastusvoima on sama eri palloille, mutta Newtonin 2. lain mukaan kevyemmän pallon liike hidastuu enemmän ja lentomatka on pienempi.*



FYSIKAALINEN PERUSTA

Paperiputkiraketin lentoa ohjaa pääasiassa Maan painovoima ja ilmanvastusvoima. Sillä ei ole kunnan siipiä, jotka aiheuttaisivat nostavia voimia tai moottoria, joka lennon aikana saisi aikaan siihen kohdistuvia työntäviä voimia. Kokoonsa nähden kevyenä kappaleena sen lentorata eroaa esimerkiksi heitetyn kiven lentoradasta juuri ilmanvastuksen ansiosta. Symmetrisen lentoradan (paraabeli) sijaan sen lentorata on tyypistynyt sekä vaaka- että korkeussuunnassa.

Voimat ohjaavat kaikkien kappaleiden liikettä, olkoon ne lennossa tai maan pinnalla. Voima on suure, jolla on suunta ja suuruus. Sen symboli on F ja yksikkö 1 N (newton). Newtonin lait muodostavat klassisen liikeopin perustan ja ne selittävät kuinka eri voimat määrittävät kappaleen liikkeen. Alla on listattu esimerkkeineen nämä lait.

Newtonin 1. laki: Jos kappaleeseen vaikuttavat voimat kumoavat toisensa, niin se on paikoillaan tai tasaisessa ja suoraviivaisessa liikkeessä.

Pöydällä oleva tietokone on levossa, koska sitä alaspäin vetävä painovoima ja ylöspäin työntävä pöydän tukivoima kumoavat toisensa. Vaakasuoralla tiellä liikkuvan auton äkkijarrutuksessa kuljettaja jatkaa matkaansa suoraviivaisesti, jos turvavyö ei aiheuta häneen pysäyttävää voimaa. Molemmat tilanteet käyvät esimerkkinä Newtonin 1. laista.

Linkki: <https://www.youtube.com/watch?v=MBnD1AjCrS8>

Newtonin 2. laki: Voima (F) aiheuttaa kappaleelle kiihtyvyyden (a) voiman suuntaan. Kiihtyvyys on suoraan verrannollinen voimaan ja kääntäen verrannollinen raketin massa (m): $a = \frac{F}{m}$.

Esimerkiksi 20 N voima aiheuttaa 20 kg kappaleelle kiihtyvyyden 1 m/s^2 mutta 1 kg kappaleelle 20 m/s^2 kiihtyvyyden. Jos siis samalla voimalla potkaistaan keilapalloa ja jalkapalloa, niin jalkapallo saa suuremman kiihtyvyyden, koska sen massa on pienempi. Toisaalta saman ilmanvastusvoiman vaikuttaessa samanlaisiin, mutta erimassaisiin raketteihin, niin kevyemmän raketin nopeus hidastuu enemmän. Hidastuminen on negatiivista kiihtyvyyttä.

Linkki: https://www.youtube.com/watch?v=DAd_aKPPHLI ja <https://www.nasa.gov/stemonstrations-newtons.html>

Newtonin 3. laki: Jos kappale A kohdistaa voiman F kappaleeseen B, niin kappale B kohdistaa yhtä suuren mutta vastakkaisen voiman kappaleeseen A.

Kun rullalaitailija potkaisee lisää vauhtia, niin jalka työntää maata ja maa jalkaa yhtä suurella mutta vastakkaisuunnaisella voimalla. Koska rullalautailija on paljon Maata kevyempi, niin se kokee paljon suuremman kiihtyvyyden.

Linkki: <https://www.youtube.com/watch?v=V5pCAuxPeYA&t=6s>

Nämä ja paljon muuta löytyvät ESA:n ja NASA:n koulutus sivuilta.

Linkki: <http://www.esa.int/Education> ja <https://www.nasa.gov/kidsclub/index.html>



Newtonin lait selittävät yleisellä tasolla minkä tahansa voiman vaikutuksen kappaleen liikkeeseen. Lentävään paperiputkirakettiin vaikuttavat voimat ovat:

1. Alaspäin vetävä Maan painovoima G eli kappaleen paino

- Lasketaan $G=mg$, jossa g on putoamiskiihtyvyys Maan pinnalla (noin 10 m/s^2). Eli 30 kg lapsen paino on noin 300 N ja 50 g raketin paino on noin 0,5 N.
- Newtonin 2. lain mukaan, jokainen kappale saa painovoiman vaikutuksesta saman kiihtyvyyden alaspäin eli ne putoavat samalta korkeudelta samassa ajassa.
- Maan painovoiman seurauksena kappaleen nopeus alaspäin kasvaa joka sekunti noin 10 m/s riippumatta siitä mikä on sen massa. Se siis putoaa ja samalla lentää vinosti. Putoamisaika on sama kuin lentoaika.

2. Moottorin työntövoima

- Jotta lentävä laite kiihdyttäisi siihen täytyy kohdistua voima. Se voi moottorin avulla kohdistaa voiman esimerkiksi ilmaan, jolloin ilma työntää takaisin saaden laitteen liikkeeseen. Paperiputkiraketissa ei ole moottoria.

Linkki: <https://www.youtube.com/watch?v=iV3NXFkdUyw> ja <https://www.youtube.com/watch?v=uPfYeNmuE48>

3. Ilmanvastusvoima, joka vaikuttaa päinvastaiseen suuntaan laitteen liikkeeseen nähden

- Ilman eri hiukkaset törmäävät liikkuvaan laitteeseen ja kohdistavat liikettä jarruttavan voiman.
- Mitä nopeampi liike, sen enemmän törmäyksiä sekunnissa ja sen suurempi ilmanvastusvoima.
- Mitä suurempi laite, sen enemmän törmäyksiä sekunnissa ja sen suurempi ilmanvastusvoima.
- Ilmanvastusvoiman suuruus riippuu kappaleen muodosta, koosta ja nopeudesta. Mitä suurempi on sen nopeus, sitä suuremman ilmanvastuksen se kokee.
- Ilmanvastusvoima hidastaa liikettä radan suuntaisesti, eli sen suunta muuttuu joka hetki.

Linkki: <https://www.youtube.com/watch?v=llLM3mch7eg>

4. Liikkeestä aiheutuva nostava voima, joka riippuu laitteen muodosta ja nopeudesta

- Epäsymmetrinen muoto (vrt. linnun siipi) aiheuttaa paine-erot ylä- ja alapuolen välille ja siten nostovoiman
- Törmäykset ilman hiukkasten kanssa voivat työntää laitetta ylöspäin

Linkki: <https://www.youtube.com/watch?v=aFO4PBolwFg>

