

KUMILANKAHELIKOPTERI, 1. KERHOKERTA

OPETTAJAN TYÖOHJE

KESTO

1,5 h: 30 min rakentaminen + 30 min HTML5-simulaatio + 30 min testilennätykset

VÄLINEET

- Kumilankahelikopterin rakennussarja
- Eri värisiä kartonkeja, saksia ja tusseja
- Tabletteja tai tietokoneita HTML5-simulaatiota varten

TOTEUTUS

Helikopterin rakennetaan valmiista rakennussarjasta, joita on tarjolla useilla eri toimittajilla. Sen keskeisimmät osat ovat akseloitu propelli ja sopivan pituinen kumilanka. Kopterin kehikko tehdään rakennussarjasta riippuen esimerkiksi balsapuusta tai muovista. Rakennussarjan yksikköhinta on muutamia euroja, ja niitä löytyy myös kotimaisista askartelukaupoista. Toimivan helikopterin rakentamisen edellytys on oikein muotoiltu ja aksoitu propelli, johon voi kiinnittää kumilangan. Myös pelkkiä akseloituja propelleja voi ostaa, ja loput kopterista voi rakentaa vaikka jäätelötikusta, klemmarista ja kartongista.

Linkki: <https://www.instructables.com/id/Rubberband-Helicopters-step-by-step/>

Jokainen kerholainen rakentaa oman kopterinsa. Heitä voi kannustaa askartelemaan kartongista mieleisensä näköisen luomuksen. Kopterin rungon pinta-alan tulee olla kuitenkin tarpeeksi suuri mutta kevyt, jotta laite ei ala pyöriä akselinsa ympäri mutta kuitenkin nousee ilmaan.

Ennen kerhokerran loppua ja testilennätyksiä kerholaiset voivat tutustua mekaanisen energian käsitteeseen alla olevan HTML5-simulaation avulla.

Linkki:

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_fi.html

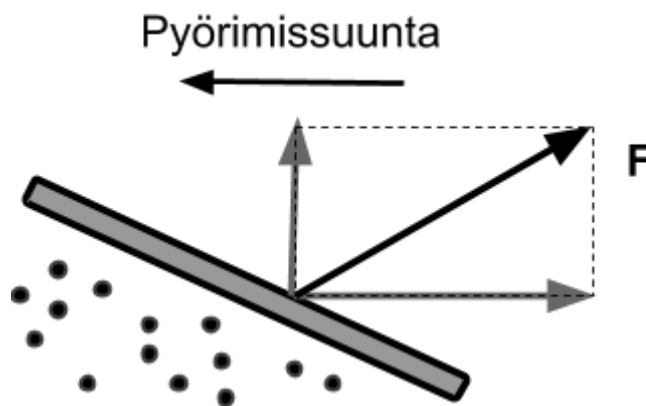
Samalla toimintaperiaatteella kulkee myös kumilanka-auto, jonka saa liikkeelle ilman aerodynaamisesti muotoiltua roottoria. Sellaisen tekemiseen ohjeet löytyy esimerkiksi alla olevasta linkistä.

Linkki: <https://www.youtube.com/watch?v=iFXh15mjdPM>

FYSIKAALINEN PERUSTA

Helikopterin lento perustuu siihen, että propellin siipi on kallellaan ja liikkuu ilman suhteen. Kumilanka pakottaa siiven liikkeeseen ja se iskee ilmamolekyyliä tieltään. Ilmamolekyylit kohdistavat siipeen Newtonin 3. lain mukaan yhtä suuren mutta päinvastakaisen suuntaisen voiman. Mitä nopeampaa siipi liikkuu sen sen suuremman voiman jokainen molekyyli siipeen kohdistaa ja toisaalta sen enemmän törmäyksiä sekunnissa tapahtuu. Lopputuloksena siipeen kohdistuva kokonaisvoima on sitä suurempi, mitä nopeampaa siipi pyörii.

Jos ajatellaan siiven poikkileikkausta symmetrisenä levynä, niin se tulee asettaa hieman kallelleen, jotta se "haukkaa" ilmaa ja siihen kohdistuu nostava kokonaisvoima F . Voiman suunta riippuu mm. siiven asennosta, muodosta ja sen pintamateriaalista. Kuvassa 1 on esitetty tämä voima ja sen vaaka- ja pystysuorat komponentit vektoriesityksenä. Harmaat vektorit ovat komponentteja.



Kuva 1: Ilmamolekyylien siipeen kohdistama kokonaisvoima F ja sen komponentit

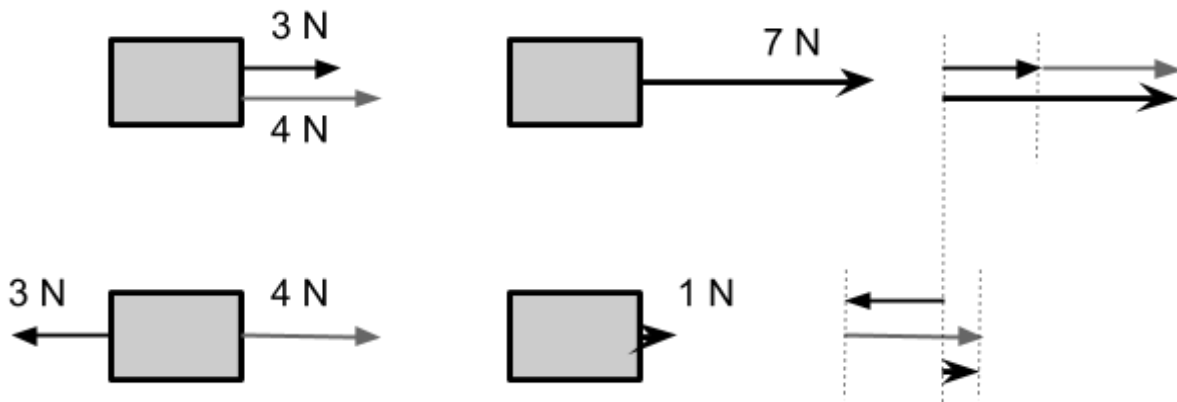
Voima on *vektorisuure* eli sillä on suunta ja suuruus (vektorin pituus). Muita vektorisuureita ovat esimerkiksi nopeus ja sähkökenttä. Esimerkiksi massa ja lämpötila ovat puolestaan *skalaarisuureita*, niillä on vain suuruus.

Monesti kappaleeseen vaikuttaa yhtäaikaan useita voimia. Tällöin niiden kokonaisvaikutuksessa täytyy ottaa huomioon niiden sekä niiden suunta että suuruus. Kokonaisvoima on yhteenlaskettavien vektorien *summa* eli *resultantti* ja se muodostetaan piirtämällä yhteenlaskettavia vektoreita peräkkäin. Tätä varten vektoria voi liikuttaa koordinaatistossa, kunhan sen suunta ja pituus ei muutu. Resultantti on vektori, joka alkaa ensimmäisen vektorin alkupäästä ja loppuu viimeisen summattavan vektorin loppupäähän.

Linkki: https://www.walter-fendt.de/html5/phen/resultant_en.htm

Yksiulotteisessa tapauksessa on vain kahdensuuntaisia vektoreita. Tällöin voidaan sopia yksi suunta positiiviseksi ja vastakkainen negatiiviseksi ja vektorien yhteenlasku muistuttaa lukujen yhteenlaskua. Alla olevassa kuvassa 3 N ja 4 N voimat vetävät oikealle, niin ne vaikuttavat yhteensä 7 N voimalla oikealle. Jos taas 3 N ja 4 N voimat vaikuttavat päinvastaiseen suuntaan, niin kokonaisvoima on vain 1 N suuremman voiman suuntaan. Yhtäsuuret päinvastaisiin suuntiin vaikuttavat voimat kumoavat toisensa, jolloin kokonaisvoima on nolla.





Kuva 2: Voimien yhteisvaikutus on niiden vektorisumma

Jos voimia on useissa eri suunnissa, niin niiden summan laskemiseksi voidaan jakaa vektorit kuvan 1 tavoin vaaka- ja pystysuoriin komponentteihin. Näitä komponentteja voidaan sitten laskea yhteen vaaka- ja pystysuunnissa. Lopputuloksena saadaan kokonaisvoiman komponentit, joiden summa se on. Tätä havainnollistaa hyvin alla olevan sivuston LAB-simulaatio.

Linkki: https://phet.colorado.edu/sims/html/vector-addition/latest/vector-addition_en.html

Energia on voiman lisäksi on toinen keskeinen suure, jonka avulla voi selittää helikopterin lentoa. Energia on skalaarisuure ja sen yksikkö on 1 J (joule). On olemassa monia energiamuotoja, kuten liike-energia, säteilyenergia ja ydinenergia. Tässä tapauksessa helikopteri nousee kumilangan elastisen potentiaalienergian avulla, joka perustuu kumin materiaalsiin ominaisuuksiin.

Yleisesti energia määritellään kykyä tehdä työtä. Kun helikopterin roottoria pyöritetään, tekee pyörittävä voima työtä, joka varastoituu kumilangan elastiseksi potentiaalienergiaksi. Tämä energia vapautuu kun roottori päästetään vapaaksi ja kumilangan jännitysvoima tekee työtä saaden roottorin pyörimään. Kumilangan elastinen potentiaalienergia muuttuu helikopterin roottorin pyörimisenergiaksi, kitkan aiheuttamaksi lämmöksi ja ääneksi. Oikeassa helikopterissa polttoaineen kemiallinen energia muutetaan palamisreaktiossa lämpöenergiaksi ja voimansiirron kautta roottorin pyörimisenergiaksi. Pyörimisenergia muuttuu puolestaan kopterin liike-energiaksi ja potentiaalienergiaksi Maan gravitaatiokentässä. Samalla osa energiasta siirtyy taas ympäristöön ilmanvastuksen takia. Energia ei katoa eikä synny tyhjästä, se vain muuttaa muotoaan.

Linkki: <https://www.youtube.com/watch?v=FX7T-QYTPho>

Alla olevan simulaation avulla voi tutkia kuinka mekaaninen energia säilyy ilmanvastuksettomassa ja kitkattomassa liikkeessä. Koska mekaaninen energia on kappaleen potentiaalienergian ja liike-energian summa, niin niiden osuudet muuttuvat skeittarin liikkeessä rampissa eri korkeuksilla ja nopeuksilla.

Linkki:

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_fi.html



Fysiikka kuvaa erilaisia luonnonilmiöitä. Tämä onnistuu SI-järjestelmän perussuureiden ja niiden avulla luotujen johdannaissuureiden avulla käyttämällä apuna matemaattisia menetelmiä. Lopputuloksena on joukko fysiikan lakeja ja kaavoja, joita voidaan käyttää kuvaamaan ilmiötä eri näkökulmista.

Kuten aiemmin todettiin, niin energia on kyky tehdä työtä. Työ (W) puolestaan on yksi keskeisiä fysiikan johdannaissuureita. Se määritellään voiman (F) ja sen vaikutusmatkan (s) tulona $W=Fs$. Työn, kuten energiankin, yksikkö on 1 J (joule). Alla on esimerkkinä johdettu potentiaalienergian ja liike-energian lausekkeet.

Kuinka paljon on työtä tehdään, kun nostetaan kappale (massa m) korkeudelle h?

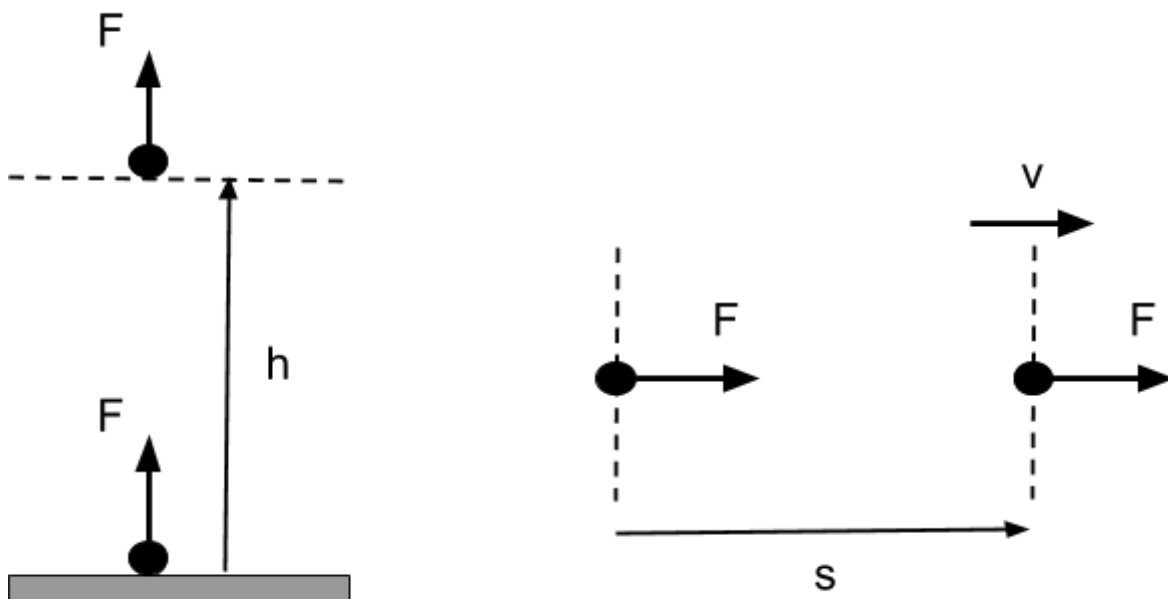
Newtonin 1. lain mukaan vähintään kappaleen painovoiman suuruinen voima on kohdistettava ylöspäin (kuva 3.). Tämä voima tekee matkalla h työn, jota kutsutaan kappaleen potentiaalienergiaksi:

$$W = Fs = mgh$$

Kuinka paljon työtä tehdään, kun kiihdytetään kappale (massa m) levosta nopeuteen v?

Newtonin 2. lain mukaan voima saa kappaleen kiihdyttämään. Kiihtyvyys puolestaan määritellään nopeuden muutoksena siihen kuluvalle ajalla. Kiihdytysmatka jaettuna siihen kuluneella ajalla on kappaleen keskinopeus, joka on puolet loppunopeudesta. Täten voiman tekemälle kiihdytystyölle voidaan johtaa liike-energian lausekkeena tunnettu kaava:

$$W = Fs = mas = m \frac{v}{t} s = mv \cdot \frac{s}{t} = mv \cdot v_k = mv \cdot \frac{v}{2} = \frac{1}{2}mv^2$$



Kuva 3: Kappaleen nosto korkeudelle h ja kappaleen kiihdytys levosta nopeuteen v.

