

1. Aihe ja tutkimuskysymys

Kotitutkimuksessani yritin määrittää akkuporakoneen (Makita BHP 458) maksimi kierrosnopeuden magneettien avulla. Saatua tulosta vertasin porakoneen tiedoissa ilmoitettuun kierrosnopeuteen.

Tutkimuskysymys 1: ”Pystyykö magneettien avulla määrittämään akkuporakoneen pyörimisnopeuden?”

Tutkimuskysymys 2: ”Mikä on porakoneen maksimikierrosnopeus?”

Hypoteesi: ”Magneettien avulla pystyy määrittämään pyörimisnopeuden, mutta ei kovin tarkasti.”

2. Koejärjestelyt ja välineet

Kokeessa käytin Makitan porakonetta, erikokoisia ruuveja ja muttereita, vaakaa, magneetteja ja voima-anturia.

Aluksi alumiinitankoon ($\varnothing$ 8mm) porattiin kaksi reikää ja tehtiin M4-kierteet vastakkaisille puolille asettaville ruuveille. Ruuvit olivat ruostumatonta terästä, jotta ne eivät olisi magneettisia ja vaikuttaisi magneettikenttään. Ruuvien pituutta (eli ympyräliikkeen sädettä) pystyttiin säätämään. Näihin ruuveihin kiinnitettiin magneetit. Magneettien päihin kiinnitettiin erikokoisia ruuvi- ja mutteriyhdistelmiä.

Alumiinitikku laakeroitiin vanerilevyyn niin, että osa siitä oli vanerilevyn yläpuolella ja osa alapuolella. Alapuolella oli magneetit ja niihin kiinnitetyt kappaleet (ensimmäinen kuva (ei vielä kappaleita)). Yläpuolella oli osa tikkua, johon porakone saatiin kiinni (keskimmäinen kuva) Vanerilevy asetettiin vadin päälle niin, että magneetit olivat vadin sisäpuolella (viimeinen kuva). Näin kappaleet, jotka irtoavat magneeteista eivät lennä muualle kuin vatiin, eivätkä voi osua esim. ihmisiin.



Kokeessa porakone kiinnitettiin tikkuun ja sitä alettiin pyörittää. Kierrosnopeuden kasvaessa tarpeeksi suureksi kappaleet irtoavat niitä paikallaan pitävistä magneeteista.

Magneettien etäisyyttä tangon keskipisteestä pystyttiin säätämään kiertämällä ruuveja sisään- ja ulospäin. Magneettien etäisyydet keskipisteestä olivat koko ajan kuitenkin samat, jotta tasapaino säilyisi. Kun säde on lyhyt, eli magneetit ovat lähellä tankoa, kappaleiden irtoamiseen tarvittava pyörimisnopeus on pieni. Jos säde olisi pidempi myös tarvittava pyörimisnopeus olisi suurempi. Muuttamalla sädettä voidaan etsiä kohta, jossa kappale irtoaa magneetista. Esimerkiksi jos kappale irtoaa, kun säde on mahdollisimman pieni, mutta ei irtoa säteen ollessa mahdollisimman suuri niin tiedetään, että piste, jossa kappale irtoaa, on säteiden välissä. Piste voidaan kokeilemalla siis selvittää.

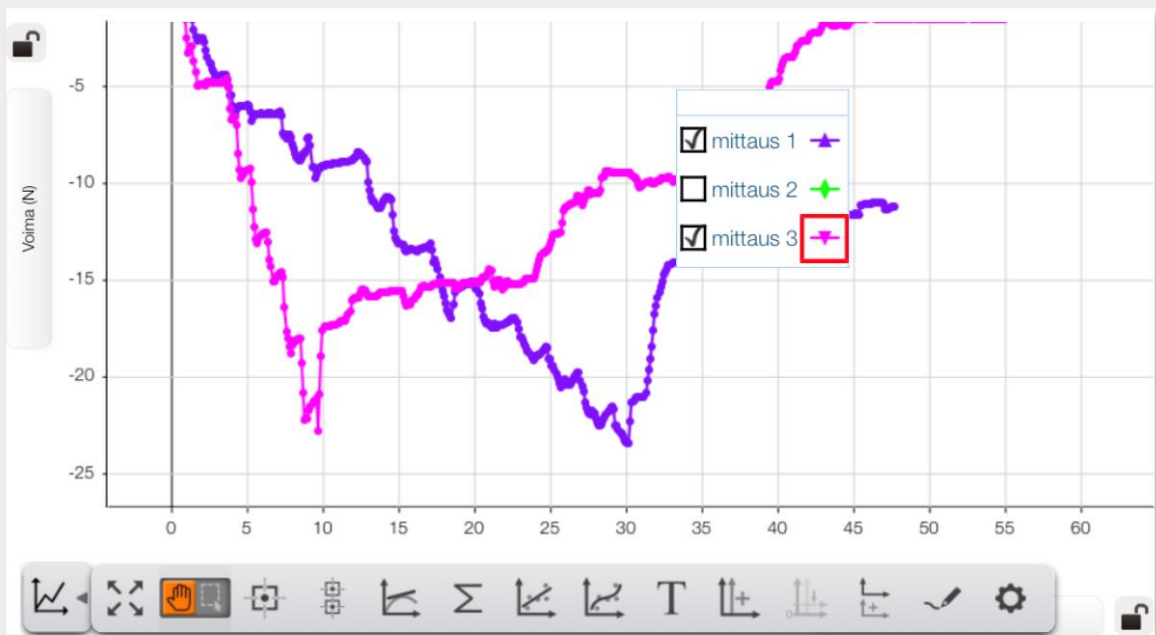
Pedanetin palautuskansiossa on video kappaleiden irtoamisesta. Irtoamista ei näy, mutta sen kuulee (turvallisuussyistä).

3. Mittaus

Aluksi mittasin voima-anturilla tarvittavan voiman, jotta kappale irtoaisi magneetista. Kiinnitin kappaleen ruuviin rautalangalla (kuvan oikealla puolella) ja voima-anturin asetin niin, että sitä ja siinä olevaa magneettia pystyy vetämään poispäin kappaleesta pyörittämällä muttereita. Toistin mittauksen monta kertaa, jotta saisin luotettavampia tuloksia. Voima-anturin antaman voiman avulla pystytään laskemaan kappaleen nopeus ja sitä kautta porakoneen kierrosnopeus. Mittausjärjestely:



Voima-anturilla tehdyissä mittauksissa oli haasteena se, että magneetit eivät irronneet toisistaan suoraan, vaan irtosivat ensin toisesta kulmasta (kuva alapuolella). Alla olevassa kuvaajassa on yhden kokeilemani kappaleen ja magneetin erottamista kuvaava käyrä. Käyrät menevät ensin alaspäin, eli voima kasvaa. Kun kuvaaja on alimmassa kohdassaan niin magneetit irtoavat toisistaan, mutta niiden välinen vuorovaikutus jatkuu, minkä takia kuvaaja ei mene heti nollatasoon.



Itse koe toistettiin erikokoisilla ja painoisilla kappaleilla. Myös sädettä muutettiin. Ensimmäisenä yritin pelkällä mutterilla, mutta se ei irronnut magneetista millään säteellä. Seuraavana yritin ruuvilla, jossa oli kiinni kaksi mutteria. Tämä kappale irtosi magneetista myös suurimmalla käytössä olevalla säteellä.

Vähenin painoa niin, että kappaleessa oli ruuvi ja yksi mutteri. Tälläkin yhdistelmällä kappale irtosi kaikilla säteillä. Seuraavana kokeilin pelkällä ruuvilla, mutta tulos oli silti sama. Kokeilin seuraavana pienempää ruuvia, mutta sekin irtosi. Erilaisia ruuvi- ja mutteriyhdistelmiä:



4 Tulokset

Kokeesta ei tullut haluamaani tulosta, koska en löytänyt sopivan painoista kappaletta enkä tarpeeksi pitkiä ruostumattomasta teräksestä valmistettuja ruuveja. En siis löytänyt kohtaa, jossa kappale juuri ja juuri irtoaisi magneetista.

Voima-anturilla sain mitattua eri kappaleiden välisiä voimia. Esimerkiksi magneetin ja 10mm halkaisijan mutterin välinen voima oli $13,5 \pm 0,5$ N. Kun niiden väliin pistettiin paperi heikentämään niiden välistä vetovoimaa, niin voima oli $11,5 \pm 0,5$ N. Magneetin ja ison ruuvin välinen vetovoima oli 23-24 N. Pienimmän ruuvin ja magneetin välinen voima oli $10,5 \pm 0,5$ N. Kappaleiden massat vaihtelivat 10 grammasta 56 grammaan.

Kappale	Voima	Massa	Pienin säde	Isoin säde
M10 mutteri	13,5 N	20 g	16mm - ei irronnut	42 mm - ei irronnut
M10 ruuvi	23,5 N	36 g	28mm - irtosi	54mm – irtosi
M10 ruuvi+ mutteri	25 N	56 g	29mm – irtosi	55mm - irtosi
M8 ruuvi+ kaksi mutteria	14 N	39 g	26mm - irtosi	52mm – irtosi
M8 ruuvi+ mutteri	11 N	34 g	25mm - irtosi	51mm – irtosi
M8 ruuvi	9 N	29 g	24mm – irtosi	50mm – irtosi
M6 ruuvi	7 N	10 g	26mm – irtosi	49mm - irtosi

5. Analysointi ja laskut

Kun voima-anturilla on mitattu magneetin ja tietyn kappaleen irrottamiseen vaadittu voima, voidaan sen avulla laskea nopeus. Koska kappale ei liiku pystysuunnassa, siihen ei vaikuta pystysuuntaisia voimia. Newtonin 2. lain mukaan:

$$\Sigma F = ma$$

koska kyse on ympyräradalla tapahtuvasta liikkeestä niin kaikki kappaleen kiihtyvyys on normaalikiihtyvyyttä, jolloin:

$$\Sigma F = ma_n$$

kun tähän sijoitetaan normaalikiihtyvyyden kaava niin saadaan:

$$\Sigma F = ma_n = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

Kun halutaan tietää kappaleen nopeus niin se saadaan kaavasta:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$Fr = mv^2$$

$$v^2 = \frac{Fr}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{Fr}{m}}$$

Kun sijoitetaan yhtälöön voima-anturilla mitattu voima, kappaleen massa ja keskipisteiden välinen etäisyys, niin saadaan seuraavat arvot:

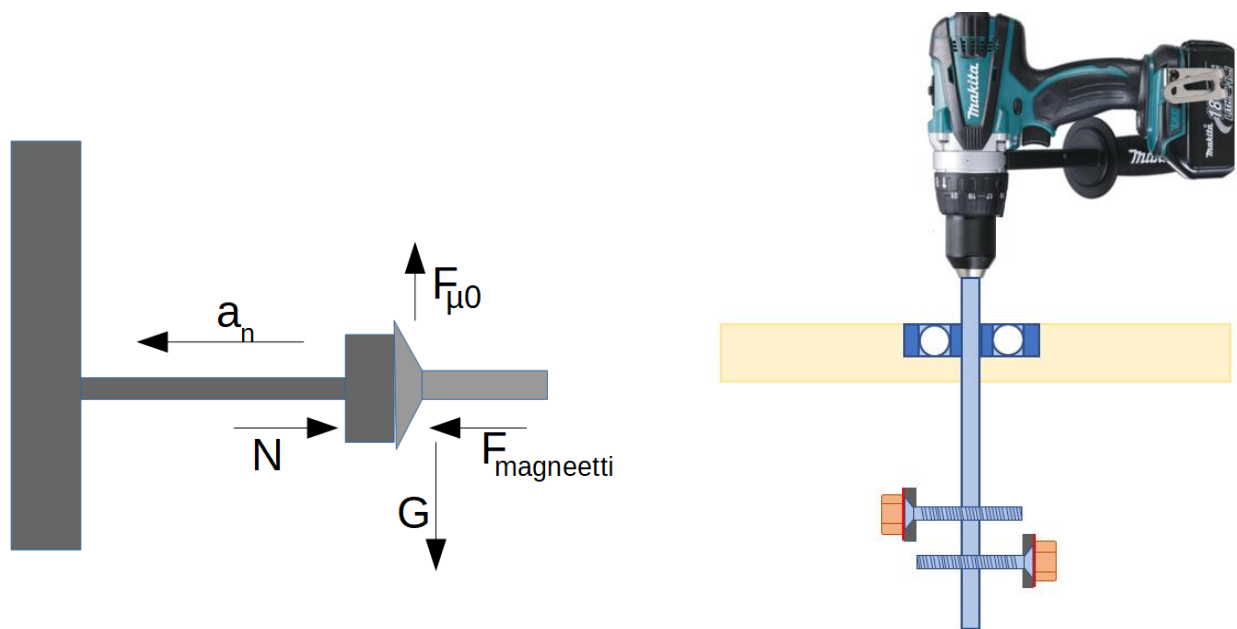
Mitatut ja niistä lasketut pyörimisnopeudet, joilla kappale irtoaa									
23,5 N	36 g	54 mm	0,036 kg	0,054 m	5,93717 m/s	17,4987 1/s	1049,92 RPM		
25 N	56 g	55 mm	0,056 kg	0,055 m	4,95516 m/s	14,3389 1/s	860,332 RPM		
14 N	39 g	52 mm	0,039 kg	0,052 m	4,32049 m/s	13,2236 1/s	793,417 RPM		
11 N	34 g	51 mm	0,034 kg	0,051 m	4,06202 m/s	12,6763 1/s	760,577 RPM		
9 N	29 g	50 mm	0,029 kg	0,05 m	3,93919 m/s	12,5388 1/s	752,33 RPM		
7 N	10 g	49 mm	0,01 kg	0,049 m	5,85662 m/s	19,0227 1/s	1141,36 RPM		

eli suurin pyörimisnopeus, jonka mittauksessa sain oli noin 1140 RPM.

Akkuporakoneen tiedoissa ilmoitettiin maksimikierronnopeudeksi 2000 RPM. Laskin mitkä kappaleiden massat olisi pitänyt olla, jotta arvoilla olisi saatu tulokseksi 2000 RPM.

Pyörimisnopeus 2000 RPM ja siitä laskettu KAPPALEEN MASSA, joilla kappale vielä juuri ja juuri pysyisi kiinni magneetista.									
23,5 N	9,92103 g	54 mm	0,00992 kg	0,054 m	11,3097 m/s	33,3333 1/s	2000 RPM		
25 N	10,3624 g	55 mm	0,01036 kg	0,055 m	11,5192 m/s	33,3333 1/s	2000 RPM		
14 N	6,13773 g	52 mm	0,00614 kg	0,052 m	10,8909 m/s	33,3333 1/s	2000 RPM		
11 N	4,91706 g	51 mm	0,00492 kg	0,051 m	10,6814 m/s	33,3333 1/s	2000 RPM		
9 N	4,10351 g	50 mm	0,0041 kg	0,05 m	10,472 m/s	33,3333 1/s	2000 RPM		
7 N	3,25675 g	49 mm	0,00326 kg	0,049 m	10,2625 m/s	33,3333 1/s	2000 RPM		

Kappaleiden massojen olisi pitänyt olla huomattavasti pienemmät, jotta koe olisi onnistunut. Tällaisen kappaleen löytäminen oli kuitenkin haastavaa. Alla olevissa kuvissa vasemmalla tilanteen voimakuvio ja oikealla piirroskuva koejärjestelyistä.



6 Kokeen ongelmat

Kokeessa oli muutamia hankaluuksia. Ensimmäkin alumiinitankoon kiinnitettäviä ruuveja ($\varnothing 4\text{mm}$) oli vain kahden pituisia. Sädettä olisi pitänyt saada vielä pidemmäksi, mutta se ei onnistunut, koska sopivia ruuveja ei ollut. Tuloksista olisi tullut parempia ja toivotunlaisia, jos ruuvien pituus ei olisi ollut esteenä.

Myös magneettisten kappaleiden muoto oli ongelma. Pyöreään magneettiin kiinnitettiin mutteri, jonka keskellä on reikä, ja ruuvi, jonka pääty oli pyöreä tai kuusikulmio. Kappaleiden erilaiset muodot vaikuttavat niiden kiinnittymiseen ja sitä kautta kokeeseen.

Ongelmia tuotti myös jo ennen mainittu haaste siinä, että kappaleet eivät irtoa toisistaan suoraan. Sopivan kappaleen löytäminen oli myös haasteena. En saanut yhdistelemälläkään sellaista kappaletta, jonka massa olisi sopiva ja jonka massakeskipiste olisi oikealla etäisyydellä tangon keskipisteestä.

7 Hypoteesiin vertaaminen

”Magneettien avulla pystyy määrittämään pyörimisnopeuden, mutta ei kovin tarkasti.”

Hypoteesini oli sinänsä oikea, että magneettien avulla saisi kyllä pyörimisnopeuden, jos olisi tarpeeksi tarvikkeita. Näin määritetyn pyörimisnopeuden arvo ei kuitenkaan luultavasti ihan vastaa todellista arvoa, mutta saa siitä jonkunlaisen käsityksen nopeudesta. Olisi ollut kivaa löytää kohta, jossa kappale juuri ja juuri irtoaa, koska sitten olisi voinut laskea parhaimman arvion oikeasta pyörimisnopeudesta.

8 Yhteenveto

Vaikka koe ei onnistunutkaan ihan niin kuin olin suunnitellut, se opetti silti paljon. Koetta oli mielenkiintoista tehdä ja se havainnollisti hyvin tunnilla opittuja asioita. Kokeen tuloksena siis oli, että akkuporakoneen maksimi kierrosnopeus olisi 1140 RPM, vaikka todellisuudessa se olisi lähemmäs 2000 RPM.