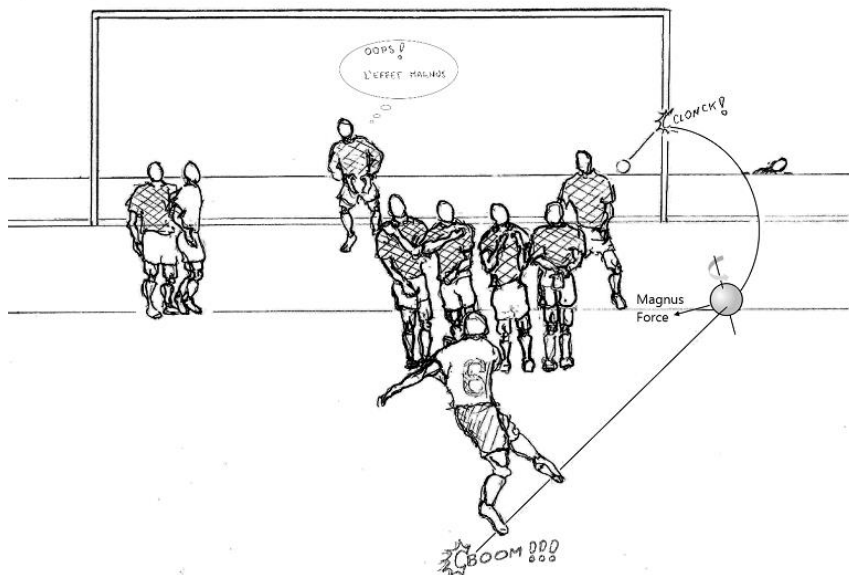


MLADI ZA CELJE RAZISKOVALNA NALOGA



MAGNUSOV UČINEK

AVTORJA:

- Gašper Bračun, 8. r
- Luka Marič, 8. r

MENTOR:

Jože Berk, prof.

Osnovna šola Hudinja

Področje: **FIZIKA**

Celje, 2016

KAZALO

KAZALO	2
KAZALO SLIK	3
POVZETEK	4
1. UVOD	5
1.1. Opis raziskovalnega problema	5
1.2. Hipoteze	6
1.3. Raziskovalne metode	6
2. TEORETIČNE OSNOVE	8
2.1. Zakaj nastane Magnusov učinek	8
2.2. Bernoullijeva enačba	11
2.3. Preprosti poskusi prikaza Magnusovega učinka	12
2.4. Magnusov učinek v športu	16
3. OSREDNJI DEL NALOGE: MERITVE IN UGOTOVITVE	21
3.1. Opis meritev	21
3.2. Rezultati meritev	23
3.3. Ugotovitve	23
3.4. Poskus Magnusovega učinka s kroglico iz šolske zgradbe	25
4. ZAKLJUČEK	27
VIRI in LITERATURA	29

KAZALO SLIK

Slika 1	Spust žoge iz jezu Gordon Dam	5
Slika 2	Magnusova sila na gibajočo in rotirajočo žogo	8
Slika 3	Smer delovanja Magnusove sile	9
Slika 4	Bernoullijeva enačba - zožitev cevi	10
Slika 5	Poskus s papirnatim tulcem na klancu	12
Slika 6	Poskus s papirnatim tulcem in elastiko	13
Slika 7	Pot gibanja papirnatega tulca	14
Slika 8	Zadnji del poti papirnatega tulca	14
Slika 9	Poskus z zlepljenima lončkoma in elastiko	15
Slika 10	Smer delovanja Magnusove sil pri nogometni žogi	16
Slika 11	Magnusova sila pri teniški žogici	17
Slika 12	Poskus z elastiko in trakom, ki je navit okoli tulca	19
Slika 13	Papirnati tulci uporabljeni v poskusu	20
Slika 14	Izvedba poskusa s tulcem, trakom in elastiko	21
Slika 15	Stiroporna kroglica iz poskusa	26
Slika 16	Magnusov učinek na stiroporno kroglico	26

KAZALO TABEL

Tabela 1	Meritve pri hitrosti 3 m/s in dolžini traku 0,5 m	21
Tabela 2	Meritve pri hitrosti 4 m/s in dolžini traku 0,5 m	22
Tabela 3	Meritve pri hitrosti 3 m/s in dolžini traku 1,0 m	22
Tabela 4	Meritve pri hitrosti 4 m/s in dolžini traku 1,0 m	23

POVZETEK

Magnusov učinek opisuje, kako zrak vpliva na žogo, ki ima rotacijo, med letenjem skozi zrak. Ko se žoga premika hitro in z dovolj rotacije, zrak na eni strani žoge teče v isto smer kot rotacija žoge, na drugi strani pa zrak teče v nasprotno smer. Učinek lahko pojasnimo z Bernoullijevo enačbo, saj se zaradi razlike tlakov pojavi sila, ki je pravokotna na os vrtenja in na smer gibanja telesa. Posledica je, da žoga leti po drugačnem tiru, kot bi pričakovali. Magnusov učinek je pomemben v številnih športih z žogo, kot so tenis, nogomet, bejzbol, odbojka, golf, kriket in drugi.

V raziskovalni nalogi sva opazovala Magnusov učinek tako, da sva naredila različne poskuse. Zamislila sva si poskus, kjer sva lahko raziskala, kaj vpliva na velikost tega učinka. Potrdila sva, da je Magnusova sila odvisna od hitrosti gibanja telesa, hitrosti gibanja snovi ter od frekvence vrtenja telesa. Krivulja gibanja je odvisna od rezultante vseh sil, ki delujejo na telo, zato učinek Magnusove sile ni vedno opazen.

1. UVOD

1.1. Opis raziskovalnega problema

K izdelavi raziskovalne naloge naju je vzpodbudil videoposnetek meta žoge z visokega jezu v Tasmaniji, ki si je nabral več kot sedem milijonov ogledov v samo dveh dneh. Kaj se v videoposnetku sploh dogaja? Skupina fantov vrže žogo z jezu Gordon Dam. Jez je visok 126,5 m in velja za enega največjih na svetu. Najprej so žogo vrgli brez rotacije, torej brez vrtenja v zraku. Veter in upor jo sicer malce premetavata, vendar žoga pade skoraj naravnost na tla. V drugem primeru so žogo vrgli z rotacijo nazaj. Odnoslo jo je kakor balon v vetrovnem dnevu. Pristala je nekaj sto metrov stran od metalca.



Slika 1: Spust žoge iz jezu Gordon Dam

Temu pravimo Magnusov učinek in ta nam pove, kako zrak vpliva na žogo, ki ima rotacijo, med letenjem skozi zrak.

Ko sva pobrskala po internetu in strokovni literaturi, sva ugotovila, da je omenjeni pojav zelo prisoten v številnih športih z žogo, kot so denimo nogomet, golf, tenis, namizni tenis in še nekateri. To je samo še dodatno vzpodbudilo najino radovednost in želela sva podrobneje raziskati ta pojav. Zanimalo naju je kdaj nastane, zakaj nastane in od česa je sploh odvisen Magnusov učinek.

1.2. Hipoteze

Ko sva proučila teoretične osnove o Magnusovem učinku in naredila nekaj preprostih poskusov, kjer sva opazovala delovanje Magnusove sile, sva postavila naslednje hipoteze:

1. Magnusova sila na telo je večja, če se pri enaki frekvenci vrtenja telo giblje hitreje.
2. Magnusova sila na telo je večja, če se pri enaki hitrosti gibanja, telo hitreje vrti.
3. Učinek Magnusove sile ni vedno opazen, saj je krivulja gibanja odvisna od rezultante vseh sil, ki delujejo na telo.
4. Magnusov učinek je pomemben predvsem pri mnogih športih z žogo.

1.3. Raziskovalne metode

Osnovni cilj najine naloge je bil, da narediva poskus, kjer bi lahko opazovala Magnusov učinek in hkrati raziskala od česa je ta učinek odvisen oziroma kolikšen sploh je.

V okviru naloge sva najprej izdelala načrt raziskave in postavila hipoteze. Osrednji del najine naloge je bila izvedba meritev delovanja Magnusove sile v odvisnosti od različnih fizikalnih količin.

Pred začetkom meritev sva s pomočjo strokovne literature in že pridobljenega znanja iz pouka fizike proučila potrebno snov o Magnusovem učinku, gibanju teles skozi zrak ter o delovanju sil.

Za izvedbo poskusa sva potrebovala nekaj potrebščin, ki sva jih poiskala v trgovini ali pa sva jih našla na šoli: lesena plošča za podlago, različne elastike oziroma prožne vrvi in papirnati tulci različnih dimenzij.

Video posnetki so nama omogočili dovolj natančno spremljanje gibanja telesa pri poskusih in kasnejšo obdelavo ter primerjavo podatkov.

Dobljene rezultate in posnetke sva analizirala, oblikovala ugotovitve in preverila veljavnost hipotez.

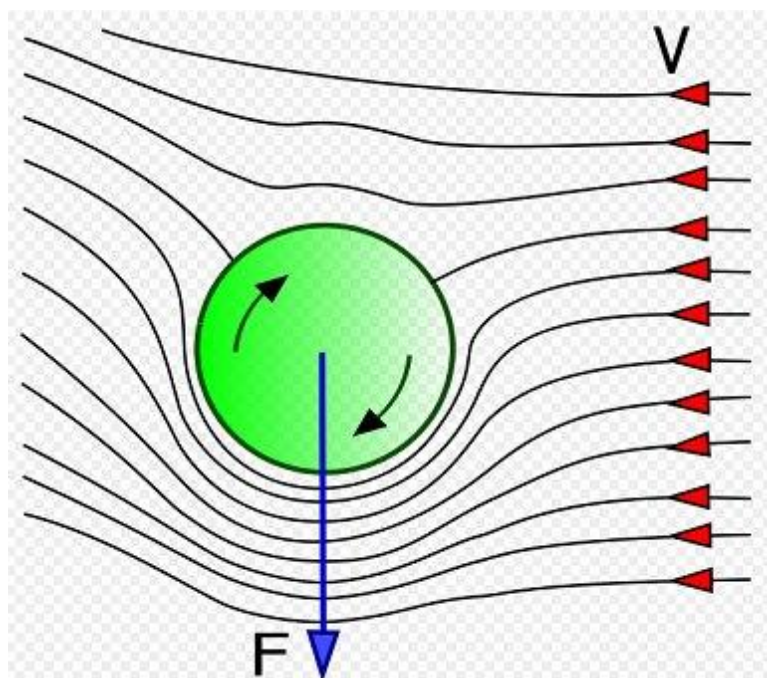
V zadnjem delu naloge sva s pomočjo računalnika v programu Word oblikovala končni zapis naloge.

2. TEORETIČNE OSNOVE

2.1. Zakaj nastane Magnusov učinek?

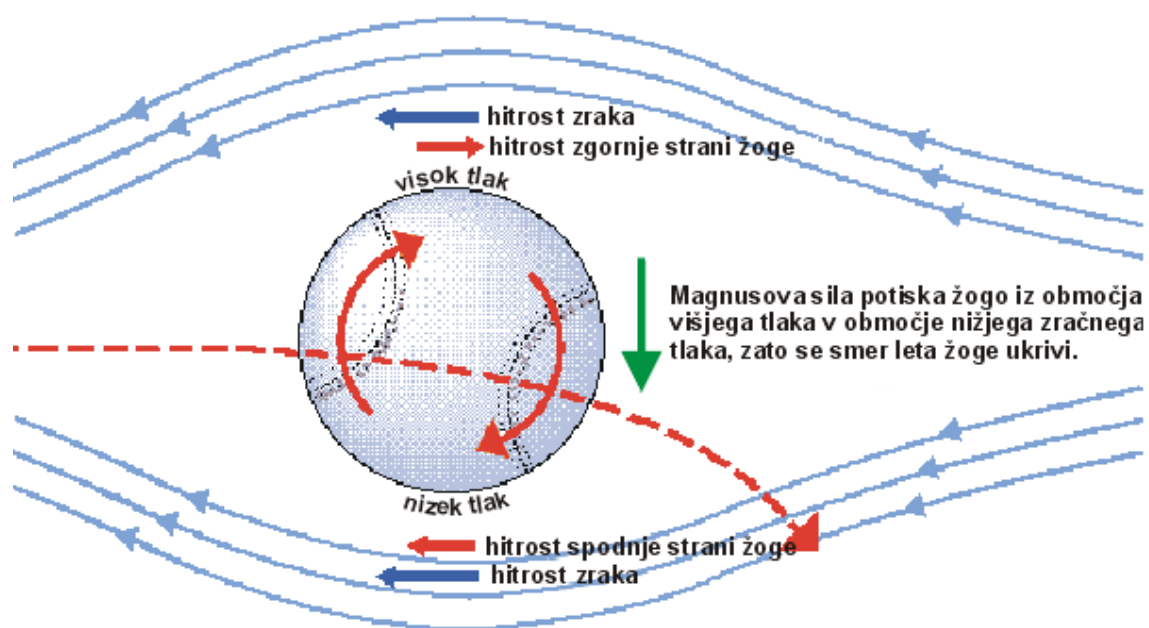
Angleški nobelovec John William Strutt Rayleigh (1842-1919), ki je opisoval, zakaj se spreminja smer letečih objektov, ki se hkrati vrtijo okrog svoje osi, je prvo razlago tega pojava pripisal nemškemu fiziku Gustavu Heinrichu Magnusu (1802-1870). Magnusa je v resnici zanimalo, zakaj se na stran odklonijo izstrelki, vendar je mogoče njegovo razlago prav tako dobro uporabiti za primer, ko je izstrelek žoga, saj je osnovni mehanizem praktično enak.

Magnusov učinek nastane, ko se žoga premika dovolj hitro in z dovolj rotacije. Zrak takrat na eni strani žoge teče v isto smer kot se vrti žoga, na drugi strani pa zrak teče v nasprotno smer od vrtenja žoge (slika 2).



Slika 2: Magnusova sila na gibajočo in rotirajočo žogo

Na tisti strani, kjer se površina žoge giblje v isti smeri kot zračni tok, je tlak manjši, na strani, kjer se površina žoge giblje v nasprotni smeri kot zračni tok, pa je pritisk večji. Zaradi razlike pritiskov se pojavi prečna sila, ki deluje pravokotno na smer zračnega toka in os vrtenja. (slika 3). Ta sila povzroči, da rotirajoča žoga v letu zavije.



Slika 3: Smer delovanja Magnusove sile

2.2. Bernoullijeva enačba

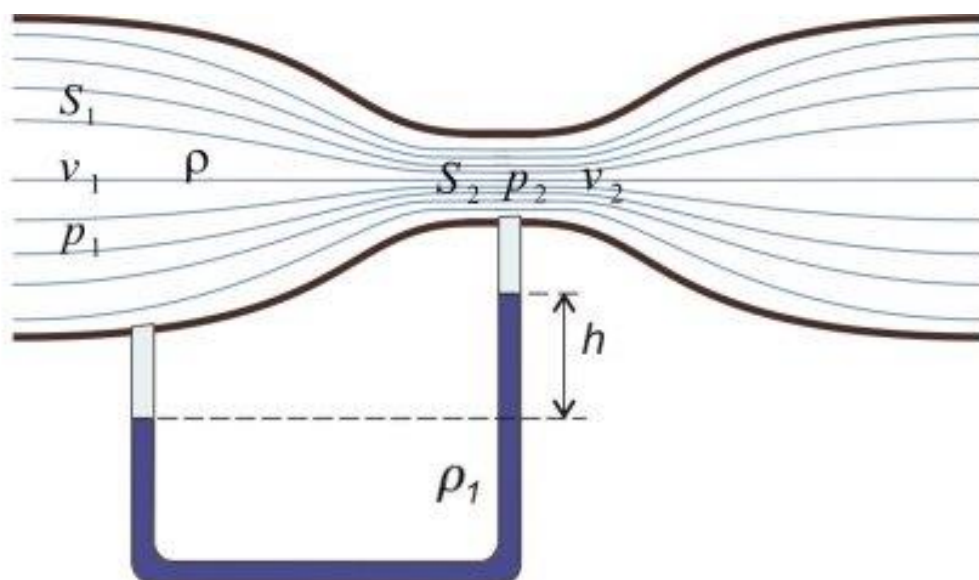
Bernoullijeva enačba je dobila ime po fiziku Danielu Bernoulliju (1700 – 1782). Enačba je v bistvu izrek o spremembi kinetične in potencialne energije, ki je prirejen za gibanje tekočine. Enačba pravi, da je vsota tlaka, gostote kinetične in gostote potencialne energije za vsak prerez tokovne cevi enako velika oziroma se vzdolž tokovne cevi ne spreminja:

$$p + \rho g z + \frac{\rho v^2}{2} = konst.$$

Med vodoravnim pretakanjem tekočine ne upoštevamo spremembe potencialne energije (višina se ne spreminja) in Bernoullijeva enačba se poenostavi:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} = konst.$$

Tlak se poveča (zmanjša), če se hitrost zmanjša (poveča). Na sliki 7 teče tekočina po cevi, ki se na sredini zoži.



Slika 4: Bernoullijeva enačba - zožitev cevi

Na širokem delu teče tekočina z manjšo hitrostjo in tam je tlak večji, na ozkem delu pa je hitrost večja in tlak manjši. Če bi med široki in ozki del cevi priključili manometer, bi lahko izmerili razliko tlakov.

»Spreminjanje zračnega tlaka zaradi spremembe hitrosti pretakanja je včasih vzrok za nenavadne pojave. Če piha močan veter, se zračne tokovnice nad sistemom strehe zgostijo in zračni tlak nad streho se zmanjša. Ker se tlak mirujočega zraka na podstrešju praktično ne spremeni, lahko nastane rezultanta zračnih pritiskov v smeri navzgor, ki je večja od teže strehe; streha se dvigne in zračni tok jo odnese s seboj. Zaradi tega so strehe na Primorskem (kjer pogosto piha močan veter) položne in obložene s kamni.«
(*Rudolf Kladnik, Fizika za srednješolce, Lj 1998, stran 69*)

Zmanjšanje zračnega tlaka zaradi povečane hitrosti izkoriščajo tudi za dinamični vzgon letal s krili in propelerji. Med zaletom po vzletni stezi nastane okoli kril cirkulacija zraka, zaradi katere se hitrost zraka nad krilom poveča, pod krilom pa zmanjša. Nastane razlika zračnih tlakov v smeri navzgor in ta je lahko večja od teče letala.

Podoben princip razlike tlakov, vendar z drugačnim vzrokom nastanka, deluje tudi v primeru Magnusovega učinka.

2. 3. Preprosti poskusi za prikaz Magnusovega efekta

1. Poskus z gibanjem papirnatega tulca po poševni deski

Pripomočki:

- ✓ deska
- ✓ papirnati tulec

Postopek:

Papirnati tulec zakotalimo po plošči pod kotom 45 stopinj. Valj se na začetku premika po pričakovanem tiru, v določenem trenutku pa na valj začne delovati MAGNUSOVA sila, ki povzroči da valj močno spremeni tir gibanja.



Slika 5: Poskus s tulcem na klancu

2. Poskus s papirnatim tulcem, ki ga izstrelimo s pomočjo elastike

Pripomočki:

- ✓ deska na kateri sta pritrjena dva vijaka (vsak na eni strani)
- ✓ elastika
- ✓ papirnati tulec
- ✓ vrvca ali trak



Slika 6: Poskus s papirnatim tulcem izstreljenim z elastiko

Postopek:

Elastiko namestimo na vijaka, ki sta pritrjena na desko. Okoli tulca navijemo trak, ki je pritrjen na elastiko. Elastiko napnemo in tulec spustimo tako, da se tulec zavrti pod našo dlanjo. Tulec zaradi Magnusove sile dobi velik vzgon in se opazno dvigne iz vodoravne ravnine.



Slika 7: Pot gibanja papirnatega tulca

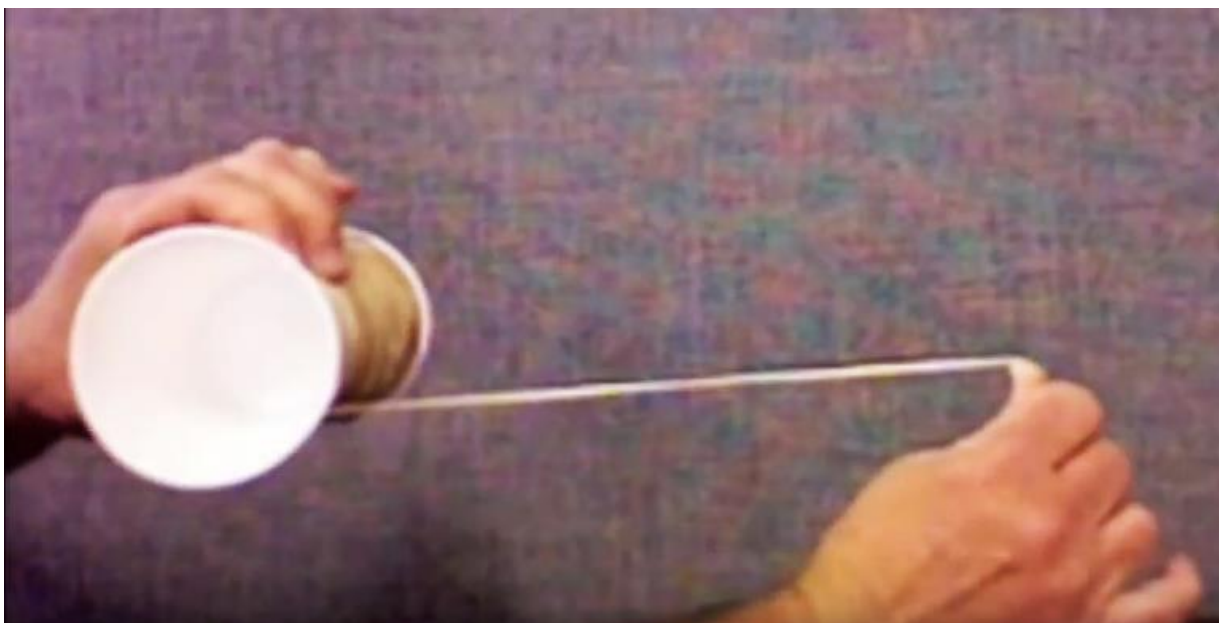


Slika 8: Zadnji del poti gibanja papirnatega tulca

3. Poskus z dvema med seboj zalepljenima lončkoma in elastiko

Pripomočki:

- ✓ Dva lončka
- ✓ Lepilni trak
- ✓ Elastika



Slika 9: Poskus z dvema zlepljenima lončkoma in elastiko

Postopek:

Z lepilnim trakom skupaj zalepimo spodnji del dveh lončkov. Z enim prstom držimo konec elastike, ostali del pa navijemo okoli obeh lončkov, kjer smo ju zalepili z lepilnim trakom. Ostanek elastike napnemo naprej tako, da bo zlepljena lončka poneslo naprej. Pri tem poskusu je Magnusova sila lahko tako velika, da lončka naredita tir v obliki pentlje.

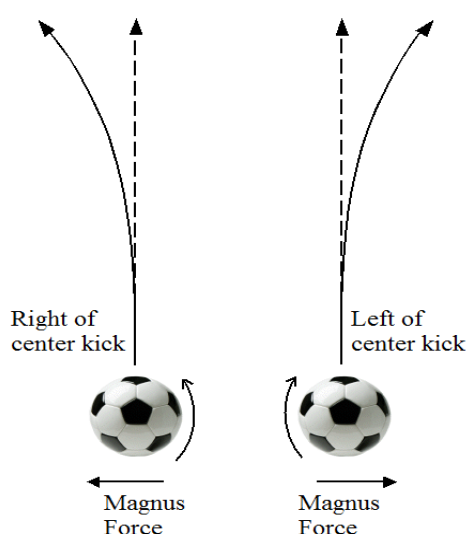
Vse tri opisane poskuse sva tudi naredila in pri vseh sva lahko opazila delovanje Magnusove sile oziroma Magnusov učinek.

2.4. Uporaba Magnusovega učinka v športu

Magnusov učinek izkoriščajo igralci v mnogih športih, kot so tenis, nogomet, baseball, golf, odbojka, kriket, itd

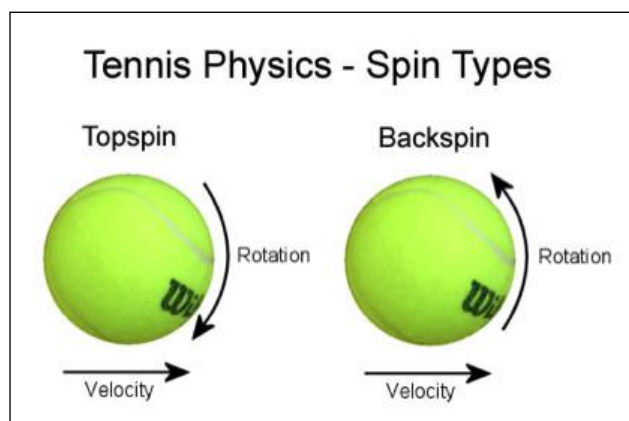
1. Marsikdo od nogometnih navdušencev se bo spomnil prostega strela, ki ga je izvedel Brazilc Roberto Carlos na močnem meddržavnem turnirju poleti leta 1997 v Franciji. Strel je bil dosojen na razdalji približno 30 metrov od francoskih vrat, rahlo na desni strani. Carlos je brcnil žogo tako močno na desno, da je obšla živi zid za več kot meter. Na ponovljenem posnetku je bilo videti pobiralca žog nekaj metrov stran od vrat, kako je sklonil glavo, misleč da je v nevarnosti. Potem je žoga, kot po čudežu, zavila v levo in zadela desni kot vrat, na veliko presenečenje vratarja, igralcev in gledalcev. Carlos je prosti strel iz podobnega položaja zavzeto treniral. Intuitivno je vedel, kako bo žoga zavila, če jo zadene na določen način. Najbrž pa ni vedel prav nič o fizikalnem ozadju tega pojava.

Smer Magnusove sile je torej odvisna od smeri rotacije žoge (slika 4).



Slika 10: Smer delovanja Magnusove sile na nogometno žogo

2. V tenisu obstajajo “topspin”, “backspin” in “sidespin” udarci in gibanje žogice je odvisna od smeri delovanja Magnusove sile. S pomočjo udarca z loparjem lahko žogici damo dve vrsti rotacije okoli njene osi: t.i. “backspin” in “backspin”. Gibanje loparja se v tem primeru razlikuje od klasičnih ravnih udarcev. Zgornji del žogice pri “topspinu” se vrti nasprotno od smeri gibanja zraka, kar upočasni gibanje zraka pri vrhu žogice. Na spodnji strani žogice se dogaja nasprotno: ta del žogice se vrti v smeri gibanja zraka in to hitrost gibanja zraka poveča. Zaradi razlike med pritiskom na zgornji in spodnji strani žogice pride do delovanja Magnusove sile. Pri “backspinu” ali “underspinu” žogica rotira v nasprotni smeri od gibanja. Obstaja tudi udarec od strani, ki ga igralci poznajo pod imenom “sidespin”.



Slika 11: Magnusova sila pri teniški žogici

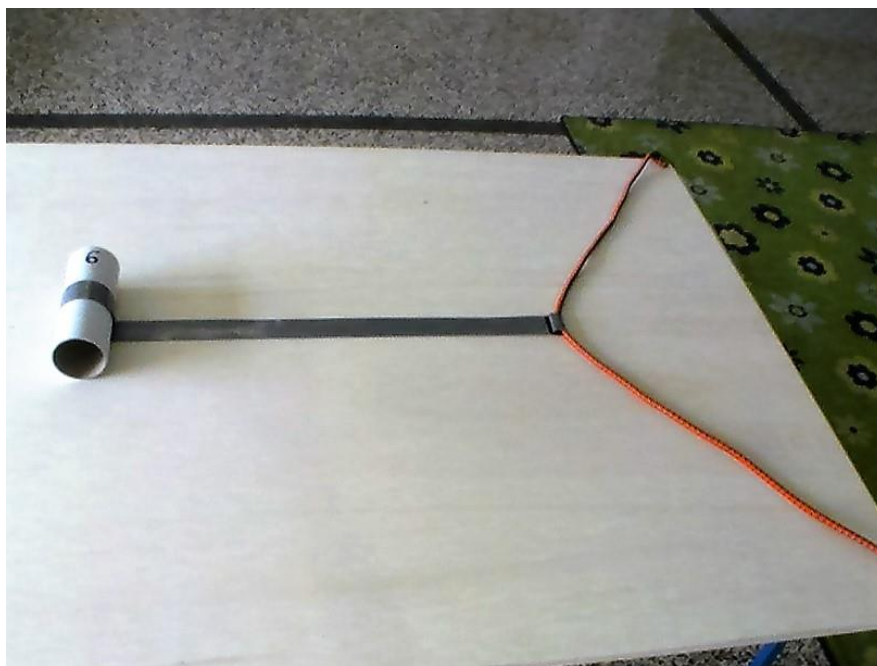
3. Vrhunski igralci odbojke izkoriščajo Magnusov učinek, da bi usmerili žogo nad nasprotno ekipo in s primerno začetno rotacijo povzročili njeno nepričakovano padanje.
4. Ukrivljeni tir žogice za golf je znan kot “hruška” ali “kljuka”. Žogica se vrti nasprotno od smeri gibanja in to ji omogoča, da ostane v zraku več časa kot, če ne bi rotirala. V tem primeru torej Magnusova sila podaljša čas gibanja žogice.

5. Verjetno ste si po televiziji že kdaj ogledali kakšno tekmo tenisa. Tam je Magnusov efekt namreč zelo opazen, sploh pri serviranju. Če igralec žogico udari pod takim kotom, da ustvari rotacijo, žogica leti na veliki višini, potem pa na hitro pade na mizo. To je posledica delovanja Magnusove sile.
6. V bejzbolu zaradi rotacije žogice pride do ustvarjanja nizkega pritiska z ene in visokega pritiska z druge strani in zato žogica zavije v smeri nizkega pritiska, kar je posledica Magnusove sile.

3. OSREDNJI DEL NALOGE: MERITVE IN UGOTOVITVE

3.1. Opis meritev

Največ časa nama je vzelo iskanje ideje, kako bi naredila primeren poskus, kjer bi lahko spreminjala določene fizikalne količine (hitrost, število vrtljajev) in opazovala ter izmerila njihov vpliv na Magnusovo silo. Ta poskus bi moral biti enostaven za izvedbo in hkrati takšen, da bi omogočal dovolj kvalitetno preverjanje postavljenih hipotez. Odločila sva se za poskus, kjer s pomočjo ustrezne elastike izstrelimo papirnati tulec, ki ga predhodno ovijemo s trakom. Napeta elastika zagotovi hitrost tulca v vodoravni smeri, med odvijanjem pa trak hkrati zavrti papirnati tulec okoli osi, ki je pravokotna na smer gibanja tulca. Vse skupaj sva zaradi stabilnosti pritrdila na vodoravno leseno ploščo. Na plošči sva označila merilo, ki nama je omogočalo, da sva spreminjala silo na elastiko in s tem posredno hitrost, saj za prožno elastiko velja Hookov zakon. Z dolžino traku, ki je bil navit okoli papirnatega tulca, sva lahko spreminjala število vrtljajev papirnatih tulcev.



Slika 12: Poskus z elastiko in trakom, ki je navit okoli tulca

Poiskala sva pet (5) različnih papirnatih tulcev, ki so se razlikovali po dolžini, masi in obsegu.

Opravila sva dvajset poskusov in sicer z vsakim tulcem štiri, saj sva pri poskusu spreminjala hitrost in število vrtljajev.



Slika 13: Papirnatih tulci uporabljeni v meritvah

Tulce sva oštevilčila in izmerjene podatke vnesla v tabele. Število vrtljajev posameznega tulca sva izračunala iz obsega tulca (premer) in dolžine traku, ki sva ga navila na tulec. Hitrost tulca sva določila s pomočjo posnetka tako, da sva določila pot in čas gibanja.

Ker sva vsak poskus posnela s kamero, sva lahko s pomočjo posnetka ugotovila tudi največji odmik papirnatega tulca v navpični smeri. Ta odmik nama je služil za oceno velikosti delovanja Magnusove sile.

Vse izmerjene in izračunane podatke sva zbrala v štirih tabelah in jih nato primerjala med seboj.



Slika 14: Izvedba poskusa s papirnatim tulcem, trakom in elastiko

3.2. Rezultati meritev

Najprej sva opravila pet poskusov tako, da sva tulce ovila v trak dolžine 0,5 metra in raztegnila elastiko na dolžino 0,9 metra.

Številka	Dolžina (cm)	Masa (g)	Premer (cm)	Hitrost (m/s)	št. vrtljajev	Odmik - y (cm)
TULEC – 1	10	7	4	3	4	27,0
TULEC – 2	10	25	6,5	3	2,5	5,0
TULEC – 3	10	22	7,5	3	2	7,5
TULEC – 4	20	14	4	3	4	22,5
TULEC – 5	20	30	4	3	4	0

Tabela 1: Meritve pri hitrosti 3 m/s in dolžini traku 0,5 m

V drugem delu meritev sva ponovila meritve tako, da sva vseh pet tulcev ponovno ovila v trak dolžine 0,5 metra, elastiko pa sva raztegnila za 1,1 metra. Na ta način sva ohranila enako število vrtljajev, povečala pa sva hitrost izstrelkov.

Številka	Dolžina (cm)	Masa (g)	Premer (cm)	Hitrost (m/s)	št. vrtljajev	Odmik - y (cm)
TULEC – 1	10	7	4	4	4	46,2
TULEC – 2	10	25	6,5	4	2,5	8,5
TULEC – 3	10	22	7,5	4	2	12,5
TULEC – 4	20	14	4	4	4	37,5
TULEC – 5	20	30	4	4	4	0

Tabela 2: Meritve pri hitrosti 4 m/s in dolžini traku 0,5 m

Tretji del meritev je potekal tako, da sva vseh pet tulcev izstrelila z elastiko, ki sva jo raztegnila za 0,9 metra, povečala pa sva število vrtljajev, saj sva tulce ovila s trakom dolžine 1,0 metra.

Številka	Dolžina (cm)	Masa (g)	Premer (cm)	Hitrost (m/s)	št. vrtljajev	Odmik - y (cm)
TULEC – 1	10	7	4	3	8	52,5
TULEC – 2	10	25	6,5	3	5	9,5
TULEC – 3	10	22	7,5	3	4	15,0
TULEC – 4	20	14	4	3	8	42,5
TULEC – 5	20	30	4	3	8	0

Tabela 3: Meritve pri hitrosti 3 m/s in dolžini traku 1,0 m

V četrtem delu meritev sva tulce izstrelila tako, da je bila dolžina elastike 1,1 metra in dolžina navitega traku 1,0 metra. Na ta način sva dosegla največjo hitrost izstrelka in hkrati največje število vrtljajev.

Številka	Dolžina (cm)	Masa (g)	Premjer (cm)	Hitrost (m/s)	št. vrtljajev	Odmik – y (cm)
TULEC – 1	10	7	4	4	8	90,0
TULEC – 2	10	25	6,5	4	5	18,0
TULEC – 3	10	22	7,5	4	4	29,0
TULEC – 4	20	14	4	4	8	82,5
TULEC – 5	20	30	4	4	8	5,0

Tabela 4: Meritve pri hitrosti 4 m/s in dolžini traku 1,0 m

3.3. Ugotovitve in razprava

1. HIPOTEZA:

Magnusova sila na telo je večja, če se pri enaki frekvenci vrtenja telo giblje hitreje.

Izmerjeni podatki so pokazali, da je bila najina prva domneva pravilna. Prav pri vseh tulcih se izkaže, da je pri večji hitrosti gibanja in pri enaki frekvenci vrtenja, Magnusova sila na tulec večja – odmiki so bili največji.

Ko sva izračunala količnike hitrosti in količnike izmerjenega največjega odmika se je celo izkazalo, da je odmik in s tem Magnusova sila približno sorazmerna s kvadratom hitrosti gibanja tulca. Za potrditev te domneve bi potrebovala natančnejše meritve.

S pomočjo literature sva ugotovila tudi, da na Magnusovo silo vpliva tudi hitrost gibanja zraka, ki je po smeri lahko enaka ali nasprotna gibanju telesa.

2. HIPOTEZA:

Magnusova sila na telo je večja, če se pri enaki hitrosti gibanja, telo hitreje vrti.

Izmerjeni podatki pokažejo, da število vrtljajev vpliva na velikost Magnusove sile, saj se je izkazalo, da je bil pri isti hitrosti gibanja izstrelka in večjem številu vrtljajev, odmik večji. Primerjava količnikov pokaže, da je pri 2-krat večjem številu vrtljajev, tudi odmik približno 2-krat večji. Za potrditev sorazmernosti med številom vrtljajev (frekvenca) in velikostjo Magnusove sile, bi morala narediti poskus, kjer bi lahko količine izmerila z večjo natančnostjo.

3. HIPOTEZA:

Učinek Magnusove sile ni vedno opazen, saj je krivulja gibanja odvisna od rezultante vseh sil, ki delujejo na telo.

Glede na to, da sva pri spustu košarkarske žoge iz šolske zgradbe z višine približno 9 metrov ugotovila, da Magnusovega učinka ne opaziva, sva sklepala, da učinek ni opazen zaradi delovanja drugih sil (npr. gravitacija), ki so v primerjavi z Magnusovo večje oziroma prevladujoče. V ta namen sva pri poskusih uporabila tulce z različno maso, presekom in dolžino ter na ta način poskušala ugotoviti, kako rezultanta vseh sil vpliva na gibanje izstrelka. Pri tulcu številka 5, ki je bil najtežji (najdaljši), Magnusove sile praktično nisva opazila, razen v zadnjem primeru, ko je prišlo do minimalnega odmika. Meritve vsekakor potrjujejo najino domnevo, da je učinek Magnusove sile odvisen od rezultante delovanja vseh sil, predvsem gravitacije in zračnega upora. Podobno je bilo tudi pri nekaterih drugih tulcih, ki so imeli večjo maso.

4. HIPOTEZA:

Magnusov učinek je pomemben pri mnogih športih z žogo.

Pri prebiranju literature sva ugotovila, da je Magnusov učinek zelo pomemben pri mnogih športih z žogo in za športnike oziroma trenerje je dobro, da ta učinek poznajo, saj lahko pomembno vpliva na igro. Ker se Magnusov učinek pojavi, ko se žoga hkrati giblje in rotira, je ta domneva logična.

3.4. Poskus Magnusovega učinka pri spustu kroglice iz šolske zgradbe

Poseben izziv v okviru raziskovalne naloge je bil izvesti poskus, ki bi bil vsaj podoben tistemu s košarkarsko žogo na visokem jezu v Tasmaniji.

Ta poskus sva naredila v šoli, saj je naša zgradba relativno visoka (15 m) in predvidevala sva, da bova lahko Magnusov učinek pokazala tudi v tem primeru. Najprej sva poskusila z žogo za košarko, a sva že vnaprej pričakovala, da Magnusovega učinka ne bova opazila. To se je tudi potrdilo.

Nato sva namesto košarkarske žoge vzela stiroporno kroglico, ki ima bistveno manjšo maso.

Odločila sva se, da bova poskus naredila skozi okno fizikalne učilnice, ki se nahaja v 2. nadstropju na višini 9,3 metra. Ker sva kroglico spustila navzdol blizu zunanje stene šolske zgradbe, sva najprej razmislila, kako morava zavrteti žogo, da bo Magnusova sila delovala v smeri nasprotno od stene. Pred izvedbo poskusa je bilo potrebno tudi nekaj vaje, saj sva morala kroglico v trenutku, ko sva jo spustila, zavrteti okoli svoje osi, ki je pravokotna na smer padanja žoge. To nama je uspelo in izmerila sva, da se je zaradi delovanja Magnusove sile stiroporna kroglica opazno odmaknila iz navpične lege. Ko sva kroglico spustila iz iste višine brez začetne rotacije, je žoga padla na tla naravnost v navpični smeri.

Masa uporabljene stiroporne kroglice je bila 5 g, premer pa 8 cm.



Slika 15: Stiroporna kroglica iz poskusa



Slika 16: Magnusov efekt pri padanju stiroporne kroglice

Iz posnetka sva ugotovila, da je bil čas padanja kroglice 1,73 sekunde in odmik kroglice iz navpične lege v trenutku, ko kroglice pade na tla, 2,95 metra. V tem primeru je bil Magnusov učinek zelo lepo viden.

4. ZAKLJUČEK

Osnovni cilj najine naloge je bil raziskati zanimiv fizikalni pojav, ki ga poznamo pod imenom Magnusov učinek. Zanimivo je, da v strokovni literaturi s področja fizike tega pojava skoraj ni mogoče zaslediti. Sklepala sva, da najbrž zato, ker je Magnusov učinek v bistvu posledica Bernoullijeve enačbe, ki pa je ena osnovnih zakonitosti v fiziki.

Ko sva razmišljala o primernem poskusu, kjer bi lahko merila odvisnost Magnusove sile od posameznih količin, sva imela veliko različnih idej. Izbrala sva poskus, ki je dovolj enostaven za izvedbo in hkrati omogoča spreminjanje določenih parametrov, ki bi lahko vplivali na izid poskusa. To nama je uspelo in z nekaj vaje ter spretnosti sva z izbranim poskusom izmerila vse, kar sva si zamislila.

V okviru naloge sva postavila štiri hipoteze, ki sva jih potrdila z meritvami in sklepanjem na osnovi dejstev, ki sva jih našla v literaturi.

Nedvournno sva potrdila hipotezi, da je Magnusova sila tem večja, čim večja je hitrost telesa in čim večja je frekvenca vrtenja.

Hipotezo, da je Magnusova sila odvisna od hitrosti telesa sva smiselno nadgradila oziroma razširila. Izkaže se, da je Magnusova sila odvisna tudi od hitrosti gibanja zraka. To je logično, saj se hitrosti telesa in snovi (zraka) vektorsko seštevata oziroma odštevata. Za to razširitev hipoteze sva našla potrditev v literaturi. Zaradi zahtevnosti izvedbe te dopolnitve nisva mogla dokazati s poskusom, saj bi za kaj takšnega potrebovala vetrovnik.

Z meritvami oziroma z opravljenim poskusom sva v celoti potrdila tudi hipotezo, da Magnusove sile ne opazimo vedno, kljub temu, da deluje, saj je krivulja gibanja telesa odvisna od rezultante vseh sil, ki delujejo na telo.

Četrta hipoteza je bila sicer bolj splošna, a se nama zdi pomembna, saj sva pred začetkom raziskovalne naloge pravilno domnevala, da je Magnusov učinek pomemben predvsem pri igrah z žogo. Ugotovila sva namreč, da je še največ o tem učinku zapisanega v športni literaturi. Glede na to, da učinek nastane, ko se telo giblje in hkrati vrti okoli osi, ki je pravokotna na smer gibanja, je razumljivo, da pride Magnusov učinek do izraza v športih z žogo.

Med izvajanjem poskusov sva opazila tudi zanimiv pojav, ki pa ga z najinim znanjem in pri izbranem poskusu nisva mogla podrobneje raziskati. Videti je, da papirnati tulec na koncu svoje poti zavija najmočneje. Takrat je hitrost tulca zaradi zračnega upora nekoliko manjša, hitrost vrtenja pa se med letom predvidoma bistveno ne zmanjša. Sklepava, da je nenadni padec oziroma sprememba smeri tulca posledica delovanja vseh sil v tistem trenutku. Meniva, da ima na to velik vpliv zračni upor. »Poleg Magnusove sile deluje na žogo še sila zračnega upora, v smeri, ki je nasprotna smeri gibanja. V grobem je zaviranje sorazmerno s kvadratom hitrosti žoge, odvisno pa je še od koeficienta zračnega upora, na katerega vpliva način gibanja zraka okoli žoge. Pri majhnih hitrostih so tokovnice okrog žoge lepo urejene in gladke, zrak se nekoliko vrtinči le za zadnjim delom žoge, zračni tok je pretežno laminaren. Pri velikih hitrostih se zrak okrog žoge močno vrtinči, zračni tok je turbulenten.« (<http://www.kvarkadabra.net/nogometna-fizika>«, 25. 2. 2016)

Izbrana tema raziskovalne naloge je dokaj zahtevna, saj je bilo na voljo malo strokovne literature, ki bi govorila prav o tem pojavu. Tudi izvedba poskusov je bila zahteva, saj sva potrebovala kar nekaj spretnosti in vaje. Kljub zahtevnosti nama je bila raziskovalna naloga velik izziv in sva z opravljenim delom in ugotovitvami zelo zadovoljna.

Magnusov učinek je zelo zanimiv pojav in meniva, da bi lahko raziskovalno nalogo o tem še nadgradila.

VIRI IN LITERATURA

1. Rudolf Kladnik: Fizika za srednješolce, DZS, Ljubljana 1996
2. Video posnetek meta žoge iz jezu Gordon Dam v Tasmaniji:
https://www.youtube.com/watch?v=QtP_bh2IMXc (27. 2. 2016)
3. Nogometna fizika
<http://www.kvarkadabra.net/nogometna-fizika> (27. 2. 2016)
4. https://sr.wikipedia.org/wiki/Magnusov_efekat (27. 2. 2016)

VIRI SLIK

Slika na naslovnici: Magnusov učinek v nogometu

<https://www.comsol.com/blogs/magnus-effect-world-cup-match-ball>

Slika 1: Met košarkarske žoge iz jezu Gordon Dam v Tasmaniji

https://www.youtube.com/watch?v=QtP_bh2IMXc

Slika 2: Smer Magnusove sile na gibajoče in rotirajoče telo

<http://www.real-world-physics-problems.com/physics-of-soccer.html>

Slika 3: Smer delovanja Magnusove sile

<http://www.kvarkadabra.net/nogometna-fizika>

Slika 4: Bernoullijeva enačba – zožitev cevi

Rudolf Kladnik: Fizika za srednješolce, DZS, Ljubljana 1996

Slike 5 – 9: Poskusi z Magnusovim učinkom

(Fotografije so narejene s pomočjo you-tube posnetkov)

Slika 10: Smer Magnusove sile pri nogometni žogi

<http://www.real-world-physics-problems.com/physics-of-soccer.html>

Slika 11: Magnusova sila pri teniški žogi

<https://blogs.umass.edu/p139and/>

Ostale fotografije v raziskovalni nalogi so najino avtorsko delo.