OSNOVNA ŠOLA GUSTAVA ŠILIHA VELENJE
VODNIKOVA 3, 3320 VELENJE

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

GAUSSOV TOP

Tematsko področje: ASTRONOMIJA IN FIZIKA

Avtor:
Blaž Prosenc, 9. razred

Mentor:

Peter Brglez

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Gustava Šiliha Velenje.

Mentor: Peter Brglez

Datum predstavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Rn

KG gaussov top /

AV PROSENC, Blaž

SA BRGLEZ, Peter

KZ 3320 Velenje, SLO, Vodnikova 3
ZA OŠ Gustava Šiliha Velenje
LI 2011

IN GAUSSOV TOP

TD Raziskovalna naloga

OP 26 s., 1 tab., 12 sl.

IJ SL

JI sl

AI Človek že od nekdaj izboljšuje orožje. Najnovejši načrti nakazujejo na orožje, ki ne bo več izrabljalo kemične energije. Namesto te bo za izstrelitev izrabljalo elektromagnetno polje, tarče pa bo uničevalo s kinetično energijo. Marsikdo bi se v šali vprašal: "Kaj se bomo vrnili nazaj na katapulte?" A ta skrb je popolnoma nepomembna, ker nekateri raziskovalci razvijajo orožje, ki bo vojskovanje poneslo na novo raven.

Gaussov top deluje na principu magnetnega privlaka in trkov. Sestavljen je iz enega ali več členov, ki so sestavljeni iz permanentnega magneta in dveh jeklenih kroglic. Za magnetom sta dve kroglici in ko prileti ena kroglica v magnet, se zaradi trka zadnja pospeši naprej. Bistveno vprašanje, ki sem si ga zastavil, je bilo, če lahko izdelam Gaussov top, ki bo nevaren. Pod "nevaren" sem definiral to, da lahko Gaussov top prebije en list papirja (toliko kot slabša frača). Vprašljivo se mi je zdelo tudi to, koliko streljanj lahko prenese doma narejen top, saj se magnetki zaradi trkov postopoma razmagnetijo.

Top sem testiral največ z osmimi členi. Poleg magnetov v sklopu osnovnega člena, sem dodal še pomožne zunanje magnete, kar je dalo izstrelkom še večji pospešek. Vsak člen sem testiral 6-krat. 3-krat brez dodatnih magnetov in 3-krat z njimi. Sedmi in osmi člen sem testiral samo 3-krat.

Rezultati so pokazali, da že ob uporabi petih členov izstrelek prebije list papirja – pri medsebojni oddaljenosti členov 10 cm in dodatnimi magneti. Ugotovil sem, da po približno 36. poskusu magnetki opazno izgubijo moč.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA II

KAZALO VSEBINE III

KAZALO TABEL IV

1 UVOD 1

2 RAZVOJ GAUSSOVEGA TOPA 3

2.1 OSEBE,KI SO ZASLUŽNE ZA RAZVOJ 3

2.1.1 Johann Carl Friedrich Gauss 3

2.1.2 Kristian Birkeland 9

2.2 VRSTE GAUSSOVEGA TOPA 10

2.2.1 Gaussov top s trkom 10

2.2.2 Gaussov top z električno tuljavo (v nadaljevanju coilgun) 11

2.2.3 Gaussov top na principu dveh tirnic (v nadaljevanju railgun) 12

2.2.4 Kombiniran gaussov top 14

3 METODE DELA 15

4 REZULTATI 16

5 DISKUSIJA 17

6 ZAKLJUČEK 18

7 POVZETEK 19

8 ZAHVALA 20

9 LITERATURA 21

KAZALO TABEL

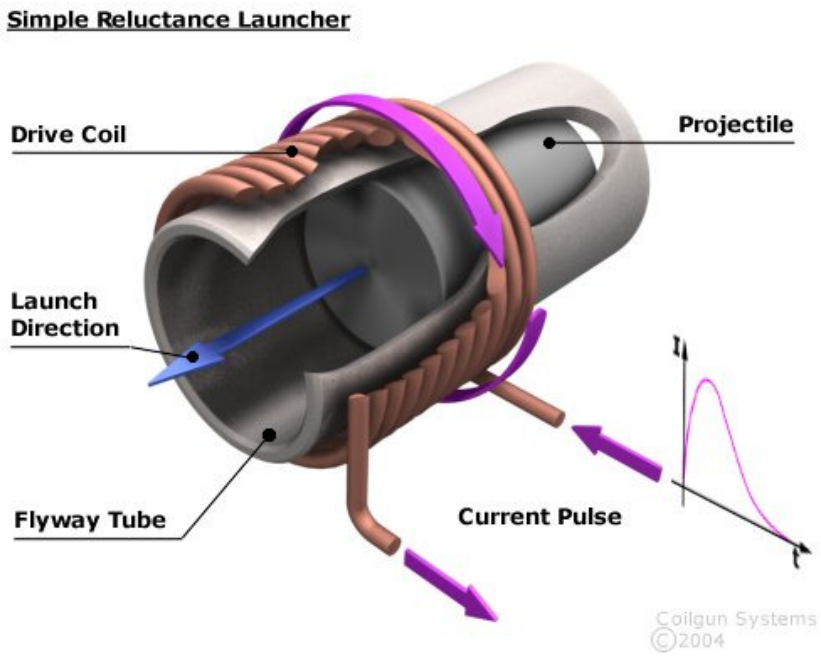
TABELA 1: TABELA HITROSTI 16

KAZALO SLIK

SLIKA 1: SHEMA COILGUNA 1
SLIKA 2: CARL FRIEDRICH GAUSS 3
SLIKA 3: GAUSSOVA ROJSTNA HIŠA 4
SLIKA 4: PLATNICA GAUSSOVEGA PRVEGA DELA 5
SLIKA 5: ZNAMKA OB 100. OBLETNICI SMRTI 8
SLIKA 6: GAUSSOV PORTRET NA BANKOVCU ZA DESET MARK 8
SLIKA 7: KRISTIAN BIRKELAND 9
SLIKA 8: EDEN IZMED BIRKLANDOVIH POSKUSOV 9
SLIKA 9: GAUSSOV TOP S TRKOM 11
SLIKA 10: PRINCIP RAILGUNA 12
SLIKA 11: ŠE ENA SHEMA RAILGUNA (DETAJLI) 13
SLIKA 12: MOJA IZVEDBA GAUSSOVEGA TOPA 15

1 UVOD

Celotno zamisel sem dobil med prebiranjem novele Johna Munroa "A Trip to Venus", v kateri uporabljajo gaussov top za izstreljevanje vesoljskih ladij v vesolje. Tam se pojavi kot električni top. To me je zelo navdihnilo, da sem začel graditi manjši top, ki sicer ne deluje po principu "railguna", ampak izrablja dobro odbojnost kovin. A na žalost se je pojavila velika težava z blaženjem udarca kovinske kroglice ob magnet. Udarec sem poskusil ublažiti z gumo, lesom in nekaterimi drugimi snovmi. Seveda tudi to ni delovalo, kajti nekateri materiali so udarec preveč ublažili, medtem ko drugi sploh niso imeli učinka na moč udarca. Zato sem se odločil, da bom uporabil "coilgun", tuljavo, ki ustvarja močno elektromagnetno polje.



Slika 1: Shema coilguna

Ameriška vojska je že začela izdelovati prve prototipe. Pri preizkusih dosegajo odlične rezultate, v nekaterih primerih celo boljše od raket enake velikosti. Njihova lepota je v tem, da so izredno tihi in čisti. Slabost pa je ta, da potrebujejo ogromno prostora za shranjevanje električne energije. Za to so potrebni kondenzatorji, ki pa na žalost zavzamejo ogromno prostora. Druga slabost je tudi, da kondenzatorji shranijo zelo malo energije. Razlog, da jih uporabljajo, je ta, da oddajo naboj v zelo kratkem času, kar pa potrebuje gaussov top. Če se

pretok energije ne ustavi dovolj hitro, se krogla oziroma izstrelek upočasni, v najslabšem primeru pa se le-ta ustavi. Če bi se to zgodilo v prej omenjeni noveli, bi bile posledice zelo hude. V najboljšem primeru bi bila ladja uničena, na ladji bi vsi pomrli in izstrelišče bi potrebovalo zelo temeljito popravilo. Alternativni naziv, gaussov top, izhaja iz imena Carla Friedricha Gaussa, ki je izpeljal formule za elektromagnetni efekt, ki uporablja elektromagnetni pospeševalnik. Za izumitelja elektromagnetnega topa se večinoma šteje Kristian Birkeland, ki je leta 1900 patentiral ta top pod imenom gaussov top.

Cilj moje naloge je dokazati, da se z večanjem števila členov povečuje tudi hitrost izstrelka.

HIPOTEZE:

- Gaussov top na principu trka (v nadaljevanju *gaussov top*) lahko prebije pisarniški list papirja.
- Gaussov top z električno tuljavo (v nadaljevanju *coilgun*), ima večjo prebojnost kot gaussov top na principu dveh tirnic (v nadaljevanju *railgun*), dolg 20 cm.
- *Railgun*, dolg 190 cm, lahko prebije steklo.

2 RAZVOJ GAUSSOVEGA TOPA

2.1 OSEBE,KI SO ZASLUŽNE ZA RAZVOJ

2.1.1 Johann Carl Friedrich Gauss

Johann Carl Friedrich Gauss se je rodil 30. 4. 1777 in umrl 23. 2. 1855. Bil je nemški matematik, fizik in astronom. Od leta 1807 je bil predstojnik observatorija in profesor na univerzi v Göttingenu. Sodeloval je pri natančnem geodetskem določanju oblike Zemlje. Razvil je teorijo ukrivljenih površin. Njegovo delo Temelji gibanja nebesnih teles je pomembno vplivalo na razvoj astronomske mehanike.

Slika 2: Carl Friedrich Gauss

Gaussova družina je bila revna. Starša nista imela nobene izobrazbe. Bil je edini otrok vrtnarja, zidarskega mojstra in dimnikarja. Oče je pozneje vodil računovodstvo nekemu trgovcu. Mati je bila iz kamnoseške družine in je pred poroko služila kot dekla.

Že kot otrok je veljal za matematično čudo. Imel je izreden spomin in sposobnost za računanje na pamet. Ljudje s temi sposobnostmi so velikokrat umsko zgolj povprečni, toda Gauss je bil nedvomno genij. Kot čudežni otrok je že trileten popravljal očetove seštevke računov za razdelitev plač in je vse življenje držal v glavi na kupe raznih številskih podatkov. Nekateri ga prištevajo med tri največje matematike vseh časov; druga dva naj bi bila Arhimed in Newton. Sodobniki so ga imenovali "prvak matematikov".

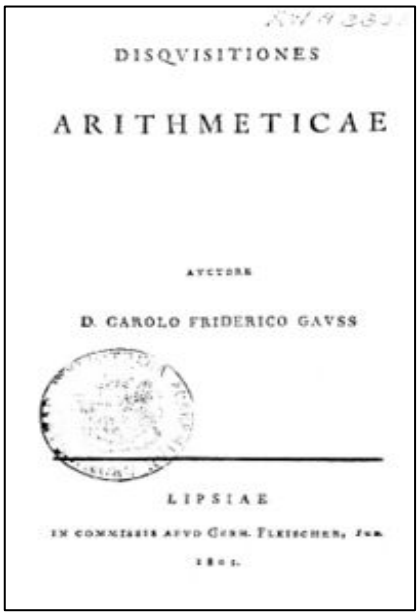
Slika 3: Gaussova rojstna hiša

Imel je srečo, da je nanj postal pozoren učitelj v šoli in zanj celo priskrbel posebno računico, ker je običajno snov Gauss takoj obvladal. Njegova nadarjenost ni bila skrita in deželni knez, braunšvinški vojvoda Ferdinand, mu je omogočil šolanje. To za čas prosvetljenega absolutizma ni bilo tako nenavadno. Zanimivo pa je, da je Gauss dobival iz tega vira podporo vse do svojega 30. leta, in to tudi v časih, ko je bila deželna blagajna skoraj prazna. Znana zgodba pravi, da je v osnovni šoli njegov učitelj Büttner hotel zamotiti učence in jim dal nalogo naj seštejejo cela števila od 1 do 100. Mladi Gauss je prišel do rešitve v trenutku v začudenje učitelju in njegovemu pomočniku Bartelsu. Gauss je uvidel, da so vsote paroma členov z nasprotnega konca zaporedja enake vmesnim vsotam: $1 + 100 = 101$, $2 + 99 = 101$, $3 + 98 = 101$, kar da končno vsoto $50 \cdot 101 = 5050$. J. Rotman v svoji knjigi *A first course in Abstract Algebra* navaja, da tej zgodbi ne verjame. Vsoto prvih sto naravnih števil je poznal že al-Haitam.

Po več letih študija v Göttingenu se je leta 1798 vrnil v rodni Braunschweig. Po želji svojega pokrovitelja je poslal Univerzi v Helmstadtu disertacijo in v odsotnosti dobil doktorski naslov. V disertaciji je podal dokaz osnovnega izreka algebre, ki pravi, da ima vsak nekonstanten polinom s kompleksnimi koeficienti vsaj eno kompleksno ničlo. Pozneje je

izdelal še več dokazov tega izreka. Korenine samega izreka segajo do Alberta Girarda, založnika Stevinovih del Invention nouvelle en algebre iz 1626, 1746 pa ga je d'Alembert skušal dokazati. Gaussu je bil ta izrek všeč in je pozneje podal še dva dokaza, a leta 1846 se je vrnil na svoj prvi dokaz. Pri tretjem dokazu leta 1816 je uporabil kompleksne integrale. Iz njega je razvidno, kako zgodaj je Gauss obvladal teorijo kompleksnih števil.

V Braunschweigu se je poročil in dobil hčerko in sina. Pisati je začel svojo prvo knjigo, Disquisitiones arithmeticae, svoj magnum opus, in jo dokončal leta 1798, vendar je izšla leta 1801. Pisana je bila v latinščini in jo še danes ponatiskujejo. Vsebovala je izredno pomembne rezultate iz teorije števil in algebre. V Disquisitiones arithmeticae je Gauss zbral vsa mojstrska dela svojih predhodnikov iz teorije števil in ga tako obogatil, da imajo nekateri izdajo te knjige za začetek sodobne teorije števil.


DISQVISITIONES

ARITHMETICAE

AVCTORE

D. CAROLO FRIDERICO GAVSS

LIPSIAE

Slika 4: Platnica Gaussovega prvega dela

Gaussova praštevila so števila oblike $2^n + 1$ pri celem n. Osrednje mesto v knjigi zavzema teorija kvadratnih kongruenc, form in ostankov, višek pa doseže z zakonom o kvadratnih ostankih, to je z izrekom, imenovanim theorema aureum, ki ga je Gauss prvi v celoti dokazal. Gaussa je ta izrek prav tako navdušil kot osnovni izrek algebre in je pozneje objavil še pet dokazov, enega pa so našli med njegovimi papirji po smrti.Knjiga obsega tudi Gaussova proučevanja krožne delitve ali z drugimi besedami proučevanja korenov enačbe $x^n = 1$. Tako je leta 1796 prišel do znamenitega izreka, ki trdi, da se dajo stranice pravilnega mnogokotnika s 17 stranicami konstruirati samo s šestilom in ravnilom, kar je presenetljiva razširitev grškega tipa geometrije. Do tedaj so mislili, da pravilnih mnogokotnikov z n = 7, 9, 11, 13,

19, 21 in večkratnikov tako ni mogoče narisati, niso pa znali tega dokazati. Gauss je tako odkril, da se dajo z ravnilom in šestilom narisati samo vsi tisti mnogokotniki s številom stranic $n = 2^k$ ali pa $n = 2^k F_1 F_2 ... F_r$, kjer so $F_r=2^{2r}$, med sabo različna Fermatova praštevila. Še ne 19-leten je tako našel rešitev znanega problema iz elementarne geometrije. Objavil ga je v 7., zadnjem delu svoje knjige. Obdobje med 1798 in 1807 je bilo, kot je razvidno iz njegovih pisem prijateljem, med najplodnejšimi in najsrečnejšimi v njegovem življenju. Že zelo mlad je užival mednarodno slavo. Dobil je vabilo, naj pride na dobro plačano mesto v Rusijo, ki je takrat velikopotezno najemala tuje strokovnjake. Vendar se je leta 1807, 30-leten raje odločil za mesto direktorja astronomskega observatorija in profesorja na Univerzi v Göttingenu. Pri vsem uspehu je imel tudi svoj delež nesreče. Kmalu po prihodu v Göttingen mu je po tretjem porodu umrla žena. Znova se je oženil in v drugem zakonu imel štiri otroke. V osebnem življenju pa še vedno ni imel sreče. Obe ženi sta mu umrli še mladi, od njegovih šestih otrok ga je preživel samo eden. Precej časa je posvetil astronomiji. Že v mladosti pri 24. letih je leta 1801 postal slaven po določitvi tira asteroida Ceresa. Po njegovi metodi so lahko določili krivuljo gibanja iz treh bližnjih leg na tedaj pravkar odkritem asteroidu Ceres. Ta dobra metoda je tako omogočila, da ga je v naslednjem položaju 1. januarja 1801 v ozvezdju Bika in 1802 G. Piazzi v Palermu spet zasledil, saj ga je lahko opazoval le kratek čas, ko se je spet dovolj oddaljil od Sonca. Gauss je ta problem v celoti rešil. Pri tem je uporabil nekatere računske postopke, ki so bili prezahtevni za večino tedanjih astronomov. Dobil je enačbo osme stopnje. Ko so leta 1802 odkrili 2. asteroid, Palas, se je Gauss začel zanimati za sekularne motnje planetov. Leta 1809 je v delu Theoria motus corporum coelestium objavil svojo klasično metodo za izračun gibanja planetov. Iz tega področja je objavil še leta 1813 članek o privlačnosti splošnih elipsoidov, leta 1814 delo o mehanski kvadraturi in leta 1818 študijo o sekularnih motnjah. Iz tega časa je tudi njegov članek o hipergeometričnih vrstah iz leta 1812, ki je omogočil proučevanje mnogih funkcij z enega samega stališča. To je bilo prvo sistematično proučevanje konvergence vrst. Hipergeometrične funkcije so delne rešitve linearne diferencialne enačbe drugega reda. Po letu 1820 se je začel dejavno zanimati za geodezijo. Več poletij zapovrstjo je preživel ob geodetskem merjenju dela severne Nemčije. Praktična uporaba trigonometrije, triangulacija je zahtevala pokritje celotnega območja z mrežo trikotnikov, tako da so bila oglišča vsakega od teh trikotnikov medsebojno vidna. Neposredno je bilo treba izmeriti le stranico enega od trikotnikov, nato pa meriti kote danih trikotnikov in računati. Pri tem je Gauss med drugim leta 1821, 1823 odkril tudi metodo najmanjših kvadratov, s katero izenačujemo podatke, ki smo jih nabrali z opazovanjem.

Metoda pri ponovljenih merjenjih omogoča kar najbolj zmanjšati vpliv slučajnih napak. Bil je eden od odkriteljev in utemeljiteljev te metode, ki je v zvezi z verjetnostnim računom. Metodo najmanjših kvadratov sta proučevala že Legendre leta 1806 in Lapance. Znana je Gaussova normalna krivulja ali krivulja normalnega zakona porazdelitve napak, ki podaja gostoto verjetnosti pri normalni porazdelitvi verjetnosti. Gauss je sploh rad računal. Ob tem je nastal marsikateri teoretični rezultat. Mnogo je pripomogel k teoriji analitičnih funkcij in diferencialni geometriji, kakor tudi na vseh področjih uporabnih matematičnih disciplin, zlasti v teoretični in praktični geodeziji, s tem, da je meril dolžino poldnevniškega loka med Altono in Göttingenom ter je odkril helitrop (napravo, ki močno oddaljene predmete s pomočjo odbite Sončeve svetlobe napravi vidne). Geodetska merjenja so zahtevala mnogo več časa, kot so predvidevali. Pokrajina je bila marsikje ravna, nenaseljena (brez zvonikov, stolpov in podobnih daleč vidnih točk) in porasla z gozdom. Prijatelji so ga svarili, da izgublja preveč dragoceni čas, ki bi ga lahko porabil za teoretično delo. Vendar je ob delu na terenu tudi razmišljal. Svoje teoretične in praktične prispevke h geodeziji je strnil v dve knjižici, ki sta imeli izreden vpliv na razvoj te vede. Obenem je na podlagi te izkušnje leta 1827 nastalo pomembno delo o ploskvah (o ukrivljenosti, o razdalji na ploskvi) Disquisitiones generales circa superficies curvas, pristop, ki je popolnoma različen od Mongeovega. Tu so spet praktična razmišljanja, to pot s področja višje geodezije, tesno povezana s prefinjeno teoretično analizo. Izkazal se je tudi v fiziki in matematični fiziki, zlasti v elektromagnetizmu z odkritjem magnetometra in električnega telegrafa 1833 do 1834, ko ga je začela privlačevati fizika. V tem času je opravil veliko eksperimentalnega dela s področja zemeljskega magnetizma. Sodeloval je pri prvem širšem prikazu zemeljskega magnetnega polja. Toda čas je našel tudi za izredno pomemben teoretičen dosežek, za teorijo sil, ki so obratno sorazmerne s kvadratom razdalje (Allgemeine Lehrätze, 1839, 1840). To je bil začetek potencialne teorije kot posebne veje matematike (Greenova razprava iz leta 1828 je bila v tem času praktično neznana). V tem delu je Gauss podal tudi strogi dokaz za mase s spremenljivo gostoto, ki vodi od Laplaceove enačbe do Poissonove enačbe . Iz tega so sledila določena minimalna načela o prostorskih integralih, med katerimi prepoznamo Dirichletovo načelo. Za Gaussa je bil obstoj minimuma očiten. O tem so pozneje mnogo razpravljali, končno pa je to vprašanje rešil Hilbert. Gaussova konstanta k je številčna vrednost gravitacijske konstante κ v osončju. V fiziki je znan tudi njegov Gaussov merski sestav. To je sestav enot, ki temelji na osnovnih enotah za dolžino, maso in čas: centimeter, gram, sekunda (sistem cgs).

Vse življenje so ga spremljale osebne nesreče in čeprav je bil bogat je umrl zagrenjen. Vsekakor pa bi težko našli človeka, ki bi bolj kot Gauss zaslužil vzdevek velikan znanosti. Delal je vse do svoje smrti. V poznejših letih se je vse več in več ukvarjal z uporabno matematiko. Toda njegove publikacije ne dajo prave slike o vsej njegovi veličini. Iz njegovih dnevnikov in nekaterih pisem vidimo, da je nekatere najgloblje misli zadržal zase. Zdaj vemo, da je Gauss že leta 1800 odkril eliptične funkcije in okoli 1816 obvladal neevklidsko geometrilo. O teh predmetih ni nikoli ničesar objavil, samo v nekaterih pismih prijateljem je izrazil svoje kritično stališče do poskusov, da bi dokazali Evklidov 5. postulat (aksiom o vzporednici). Kaže, da Gauss ni hotel javno razpravljati o spornih vprašanjih. V pismih je pisal o osah, ki bi mu tedaj letele okoli ušes, in o "vpitju Beočanov", ki bi se slišalo, če bi razkril svoje skrivnosti.

Sam Gauss je dvomil o veljavnosti sprejete Kantove doktrine, po kateri je naša predstava o prostoru a priori evklidska. Zanj je bila realna geometrija prostora fizikalno dejstvo, ki ga je treba odkriti s poskusi. Na univerzi ga je za štiri leta do 1859 nasledil njegov učenec Dirichlet.

Slika 5: Znamka ob 100. obletnici smrti

Gauss je pokopan na pokopališču Albanifriedhof. Od 1989 do konca 2001 je bil njegov portret in njegova krivulja normalne porazdelitve prikazan na bankovcu za 10 nemških mark.

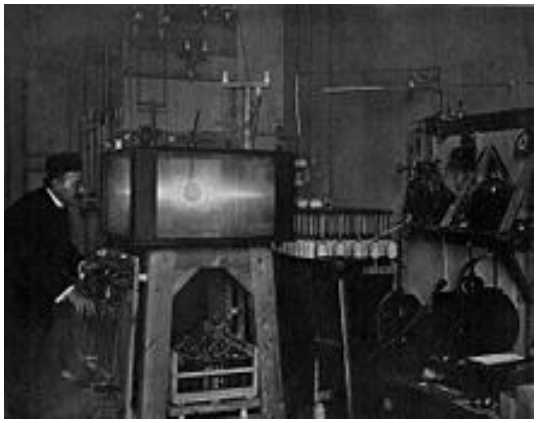
Slika 6: Gaussov portret na bankovcu za deset mark

2.1.2 Kristian Birkeland

Birkeland se je rodil v Oslu in napisal svoj prvi znanstveni članek v starosti 18 let. Nekateri avtorji trdijo, da je storil samomor.

Slika 7: Kristian Birkeland

Organiziral je več odprav na Norveškem, kjer je ustanovil mrežo opazovalnic za zbiranje podatkov o magnetnem polju. Rezultati norveških polarnih ekspedicij, izvedenih med letoma 1899–1900, so odkrile vzorec globalnega gibanje elektromagnetizma in merjenja polja na tleh. Odkritje žarkov X je navdihnilo Birkeland za razvoj vakuumskih komor za študij vpliva magnetizma na katodne žarke. Razvil je teorijo, v kateri so elektroni energija, ki jo brizgajo sončeve pege na sončevi površini, usmerjeni na Zemljo in se ravna z Zemljinima polarnima območjema,kjer se zato pojavlja vidna aurora (severni in južni sij). Obseg raziskovalnih podjetij Birkelanda je bil tak, da je financiranje postala velika ovira. Ob spoznanju, da bi tehnološki izum prinese bogastvo, je razvil elektromagnetni top in z nekaterimi investitorji oblikoval orožje nekemu podjetju.



Slika 8: Eden izmed Birklandovih poskusov

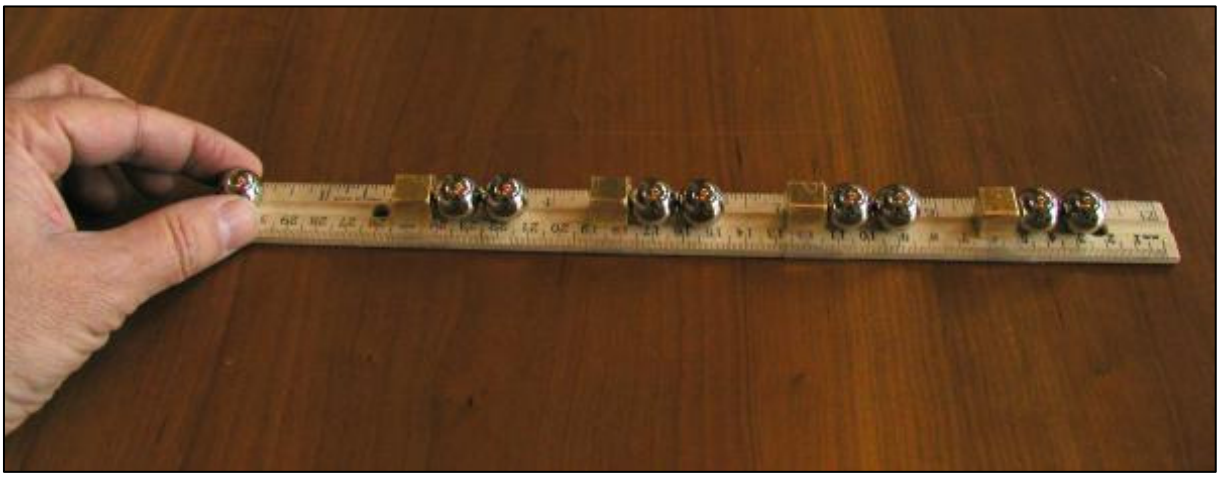
Leta 1913 je bil prvi, ki je napovedal, da je plazma povsod v vesolju. Birkeland je bil leta 1916 verjetno prva oseba, ki je uspešno napovedal, da se sončni veter obnaša tako kot vsi nabiti delci v električnem polju: iz fizičnega stališča je najbolj verjetno, da sončni žarki niso niti izključno negativno niti pozitivno žarki, vendar obeh vrst. Z drugimi besedami, sončni veter sestavljajo tako negativnih elektronov in pozitivnih ionov.

2.2 VRSTE GAUSSOVEGA TOPA

2.2.1 Gaussov top s trkom

V osnovi poznamo tri vrste gaussovega topa in eno kombinirano. Prva vrsta je gaussov top s trkom, pri katerem kroglica trči ob magnet. Magnet jo zaradi lastne privlačne sile trenutek pred trkom zelo pospeši. Pri tej različici gaussovega topa je glavna prednost to, da za delovanje ne potrebuje elektrike. Dosega zelo velike pospeške in ogromne izhodne hitrosti. Za izdelavo in osnovnošolske preizkuse je tudi najlažji za izdelavo, kajti razen nekaj močnih kockastih magnetov ali magnetov v obliki prizme in nekaj kovinskih kroglic (še bolje je, če so jeklene), ne potrebujemo ničesar. Za močnejšo različico izdelamo polkrožni kanal iz lesa (lahko uporabimo kar plastično cev, ki jo prerežemo na pol), ki bo usmerjala tir gibanja. Magnete je najpametneje pritrditi, vendar ne nepremično. To pomeni, da jih prilepimo na primer z lepilnim trakom. Tako lahko spreminjamo medsebojno razdaljo med magneti. Druga možnost je, da v lesen kanal na optimalnih razdaljah izžagamo tako široko zarezo, da lahko vanjo vtaknemo magnet. Ta možnost je odprta v primeru, da uporabljamo ploščate magnete. Optimalno razdaljo dobimo tako, da je med magnetoma čim manj prostora, ko dodamo željeno število kroglic, pa drugi magnet ne sme sam od sebe privlačiti zadnje kroglice. Slabosti pa ima na žalost več kot dobrih lastnosti. Prva se tiče magnetov. Magneti se začnejo hitro krušit. Zato moraš dobiti zelo trdne magnete, kar pa je zelo težko. Druga slabost se prav tako tiče magnetov. Magneti se zelo hitro razmagnetijo. Že po nekaj poizkusih se vidi, da magneti izgubljajo moč. Tretja in zadnja slabost je pa povezana z kroglicami. Te se po nekaj poizkusih namagnetijo. To bi nekateri vzeli za dobro lastnost, a v resnici je to slaba lastnost. To pa zato, ker se kroglica težje loči od magneta. Poizkusi in meritve so pokazale, da bo v primeru, ko uporabimo 2-krat večje število členov, kroglico neslo 2-krat dlje, z 2-krat večjo silo. Vendar ta obrazec deluje le do določenega števila členov. Te meritve je potrebno opraviti čim prej, kajti zaradi prej navedenih razlogov začnejo kasneje postajati rezultati nenatančni. Poizkusi so tudi pokazali, da 3-5 členov zadostuje za to, da kroglica predre običajen list

pisarniškega papirja. Najbolj idealne mere so takšne, da je kroglica vedno enako visoka kot magnet oziroma 1 mm nižja od njega. Velik učinek je tudi v primeru, da postaviš magnete tudi pod progo (v primeru, da ni preveč debela) tako, da v smeri, iz katere se prikotali, gleda polovica magneta (če za vse uporabljamo valjaste ali kockaste magnete, jih sestavimo skupaj 35) v smer, iz katere pride kroglica, v smer, v katero pa odhaja, pa nič.



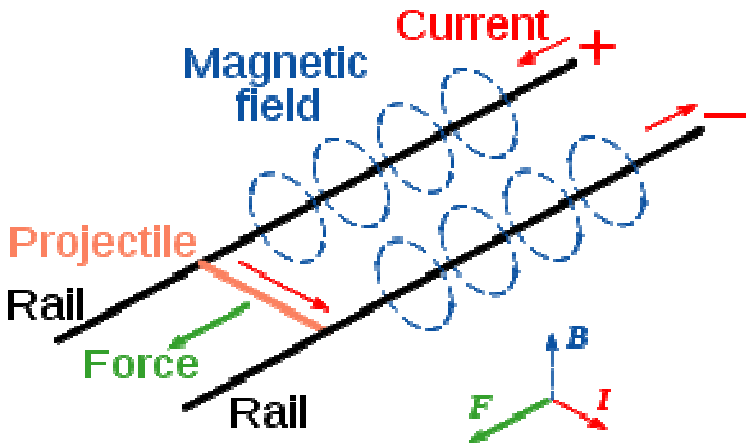
Slika 9: Gaussov top s trkom

2.2.2 Gaussov top z električno tuljavo (v nadaljevanju coilgun)

Druga vrsta se imenuje coilgun (coil – navitje, gun – pištola), oziroma gaussov top z električno tuljavo. Ta vrsta je komercialno najuporabnejša. Je sicer malo težja za izdelavo zaradi navitja in nekaterih drugih stvari. Največja prednost tega topa je, da nima povratnega sunka kot nekateri topovi in nima pulznih udarcev ter pulznih vibracij. Glavni sestavni deli vsakega coilguna je eno ali več navitij ter vodilna cev. Če izdelujemo coilgun z enim navitjem za shranjevanje energije uporabimo zelo veliko kondenzatorjev. Projektil je lahko kovinska kroglica, kovinski valj, posebej oblikovan projektil ali pa kovinska minica za kemični svinčnik. V primeru, da uporabljamo dve ali več tuljav, potrebujemo tudi optične senzorje, ki jih mora biti enako število kot tuljav, ter seveda tudi dovolj zmogljiv mikrokrmilnik. Ko sklenemo tokokrog, začne prva tuljava privlačiti projektil. Zaradi optičnega senzorja pred tuljavo le-tega izklopi mikrokrmilnik. Zdaj začne projektil privlačiti druga tuljava. In pri njej se ponovi ves del z optičnim senzorjem. To se ponavlja do zadnjega člena, po katerem projektil poleti iz cevi. Navitje mora imeti čimveč navojev, a ne na preveliki dolžini.

2.2.3 Gaussov top na principu dveh tirnic (v nadaljevanju railgun)

Tretja vrsta pa je railgun (rail – tračnica/tram, gun – pištola). Railgun je popolnoma električna pištola, ki pospešuje prevodni izstrelek po paru kovinskih palic z uporabo enakih načel kot homopolarni motor. Railgun uporablja dva drseča ali vrteča stika, ki omogočata, da velik električni tok steče skozi izstrelek. To je povezano z močnim magnetnim poljem, ki ga proizvajajo vodila in s tem pospešuje izstrelek.



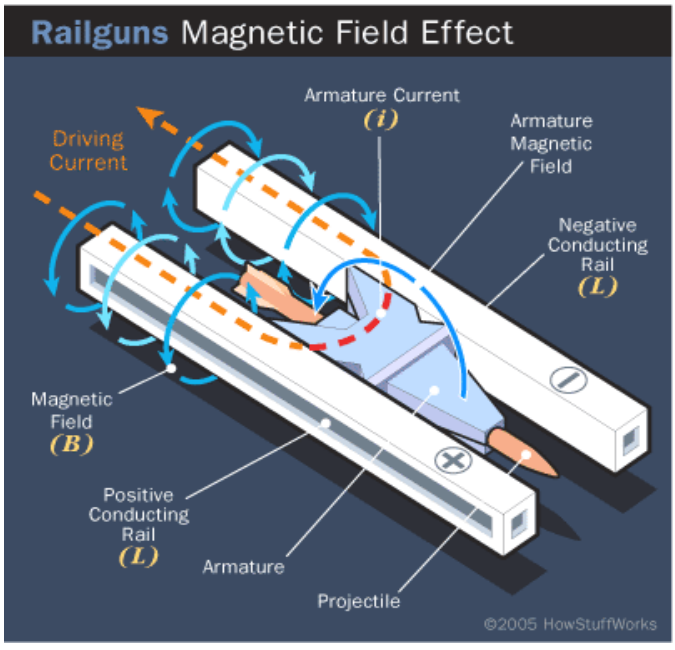
Slika 10: Princip railguna

Ameriška mornarica je testirala railgun, ki pospešuje 3,2 kg težek izstrelek na 2,4 km na sekundo. Projektu so dali latinski moto "Velocitas Eradico", ki ga prevajajo kot "hitrost uničuje". Leta 1918 je francoski izumitelj Louis Octave Fauchon-Villeplee izumil električni top, ki je močno podoben linearnemu motorju. Patent se je imenoval "Električni aparati za izstreljevanje izstrelka". Dva vzporedna tira je povezal z krilatim izstrelkom in celo aparaturo obdal z magnetnim poljem. Sila povzroči, da izstrelek potuje po zbiralnikih. Med drugo svetovno vojno je idejo oživel Joachim Hänsler z električnim protiletalskim topom.

Na koncu leta 1944 je bila obramba v polnem zagonu izdelave. Orožje naj bi izstrelilo 12 strelov na minuto. Ko so po vojni odkrili načrte, je to vzbudilo veliko zanimanja in bolj podrobno študijo, ter se vse skupaj zaključilo leta 1947 s poročilom, da je to teoretično možno, vendar bi vsak top moral dobiti toliko moči, kot je potrebna za osvetlitev polovice Chicaga.

Do decembra 2010 je bila največja dosežena energija, ki se uporablja za pogon izstrelka iz railguna, 33 megajoulov. Najpogostejša oblika napajanja, ki se uporablja v railgunu, so kondenzatorji, ki se vedno pogosteje uporabljajo. Tirnice morajo zdržati ogromne odbojne sile med streljanjem, te sile ponavadi potisnejo tirnice narazen in proč od izstrelka. Ko se razdalja med tirom in projektilom poveča, iskrenje povzroča hitro uparjanje in obsežne poškodbe na tirnih površinah in površinah izolatorja. To je railgun omejevalo v nekaterih zgodnjih raziskavah en strel naenkrat. Induktivnost in upornost tirnic ter napajanje omejuje učinkovitost. Trenutno se sistemi testirajo za mornarico ZDA, testirajo pa ga tudi v Inštitutu za napredno tehnologijo in v BAE Systems.

Držala in projektili morajo biti zgrajeni iz močno prevodnih materialov. Tirnice morajo biti za preživetje močnega pospeševanja izstrelka in ogrevanja zaradi velikega toka ter sodelovanja trenja dovolj trdne. Povratni udarec na tirih, je enaka in nasprotna sila, ki poganja projektil.



Slika 11: Še ena shema railguna (detajli)

Tradicionalne enačbe napovedujejo, da povratni udarec deluje na medeničnico (zadnji del) railguna. Drugi zagovorniki se sklicujejo na Amperov zakon in trdijo, da deluje po vsej dolžini tirnice (ki je njihova najmočnejša os). Vodila se tudi sami od sebe odbijata z bočno silo, ki jo povzroča magnetizem. Tirnice za preživetje ne smejo biti upognjene in morajo biti zelo čvrsto pritrjene.

Ogromne količine toplote nastanejo z električno energijo, ki teče skozi tirnice, kot tudi zaradi trenja izstrelka, ko zapusti napravo. Toplota, ki jo ustvarja to trenje, lahko povzroči toplotno raztezanje tirnic in projektil le še poveča torno toploto. Ta povzroča tri glavne težave: taljenje opreme, zmanjšanje varnosti osebja in odkrivanje s strani sovražne vojaške sile. Pomembno je torej, da uporabljamo toplotno odporne materiale. Sicer bi se tirnice, sod in vsa oprema, pritrjena na railgunu, stalila ali nepopravljivo poškodovala.

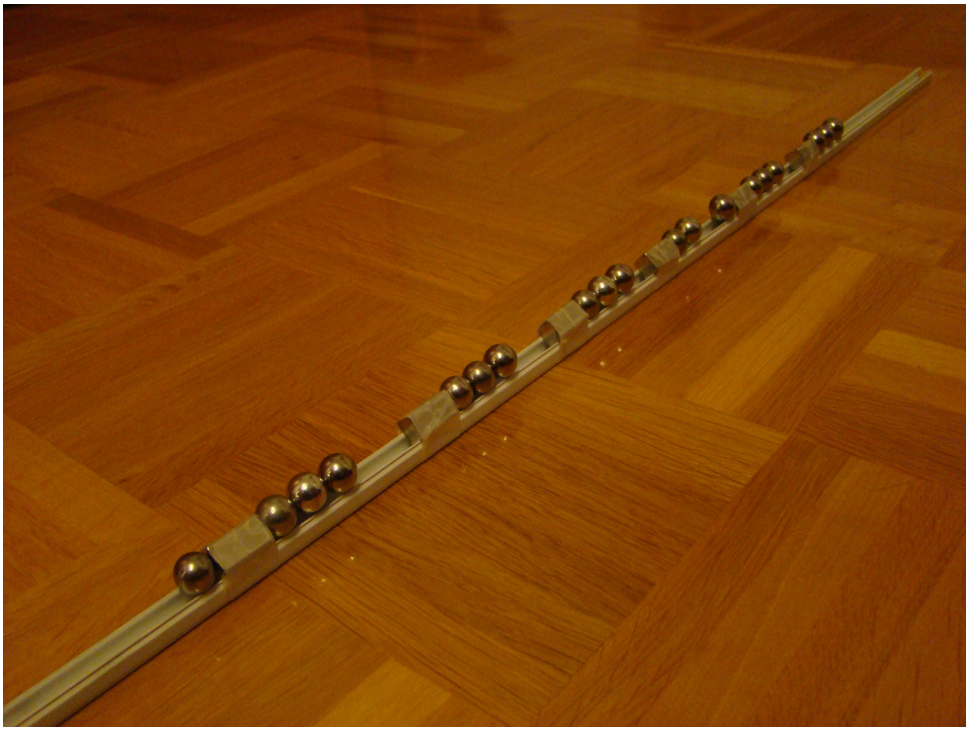
V praksi se tirnice zelo hitro uničijo (zaradi erozije, ki označuje vsak strel), izstrelki povzročajo ogromno drgnjenja, toplote in isker (kar s tujko imenujemo ablacija). To lahko omeji railgunovo življenje, v nekaterih primerih se življenjska doba drastično skrajša. Railguni imajo število možnih praktičnih aplikacij, predvsem za vojsko. Vendar pa obstajajo tudi druge teoretične aplikacije, ki se trenutno še raziskujejo (npr. Kot pomoč za zagon raket).

2.2.4 Kombiniran gaussov top

Kombinirana možnost pa združuje dobre lastnosti gaussovega topa z trkom in coilguna. Ne potrebuje kondenzatorjev in zapletenih vezij ter senzorjev. Za sestavo moramo vzeti coilgun in kovinske palice ter kovinske kroglice. Sestavimo ga tako kot gaussov top s trkom. Za znanost ni pomemben.

3 METODE DELA

Najprej sem izbral primerne kroglice in magnete. Učinkovitost sem preizkusil na tem, koliko listov papirja lahko prebije. Uporabil sem papirje različnih trdot, da sem lahko natančno preizkusil njegovo moč. Ravno zaradi te moči pa so se začeli magneti krušit. To je postalo zelo nevarno, kajti njihov učinek je bil enak izstrelkom. Ti delci so bili zelo nevarni zame in za kogarkoli zraven. To je bil glaven razlog, da sem ukinil nadalje preizkuse. A ker nisem imel dovolj rezultatov, sem ga moral vzeti iz omare ter ga spravit v spodobno stanje. Magnete sem prelepil z lepilnim trakom, da se ne bi ponovilo stanje iz prvega poizkusa. Lepilni trak jih je skupaj zdržal ravno dovolj časa, da sem opravil preizkuse. Po preizkusih nekateri magneti niso bili več uporabni, ker jih je popolnoma zdrobilo. Hitrost sem preračunal iz časa, v katerem je kroglica prepotovala določeno razdaljo. Za to sem uporabil štoparico, ki sem jo povezal s stikali. Ko je kroglica potovala mimo prvega stikala, se je štoparica aktivirala, ko pa mimo naslednjega, se je izklopila. Zatem sem preračunal, koliko metrov bi naredil.



Slika 12: Moja izvedba gaussovega topa

4 REZULTATI

Na škatlico iz lesa sem napel list papirja. Metoda je bila uspešna, zato sem se odločil, da bom poizkusil z dvema listoma papirja. Med poizkusom sem preizkusil tudi različno trdne liste papirja. Ko sem uporabil 2 lista pisarniškega papirja, ju je prebil pri 8. členih s po tremi kroglicami. Top pa ni dolgo zdržal pospeškov in udarcev, zato so se magneti začel krušiti. Poizkusi blaženja niso bili uspešni, kajti nekateri niso dovolj blažili, medtem ko so drugi blažili preveč, zato sem moral možnost blaženja opustiti. Imel je veliko prebojnost, le trenje je zelo oviralo hitrost kroglice. Zato je bila razdalje med magneti minimalna, kar me je kaznovalo, ko se je top kdaj po nesreči sproži sam od sebe. Hitrosti pa so bile slednje:

4 členi	4,5 m/s
8 členov	6.25 m/s

Tabela 1: Tabela hitrosti

Coilguna nisem izdelal do konca, ker so se pojavili problemi z kondenzatorji in sprožanjem deaktivacije elektromagnetnih tuljav. Railguna pa mi tudi ni uspelo izdelati, ker mi je zmanjkalo časa.

5 DISKUSIJA

Lahko bi izdelal še railgun, a bi potreboval več časa. Izdelal sem dve tuljavi za coilgun in dve trupni plošči za railgun. Coilguna nisem izdelal do konca zaradi problema z napajanjem. Preprosto nisem mogel deaktivirati magnetnega polja. Ameriška vojska ravno zaradi tega ne uporablja coilguna ampak railgun. Pri njem ni potrebnih kondenzatorjev, ampak samo veliko napetost. Vendar bi za railguna izdelavo potreboval ogromno sredstev. Pri gaussovem topu je bilo to veliko lažje, kajti potreboval sem le tir in magnete. Projektil pa tako ali tako potrebuješ pri vsakem.

6 ZAKLJUČEK

Imamo tehnologijo, ki bi nam omogočala ogromno aplikacij te tehnologije, tudi vesoljske, a za to nimamo niti približno dovolj energije. Zato so aplikacija uporabne predvsem v vojski, kjer je to možno. Če bi jo želeli uporabiti za kaj drugega, bi mogli precej povečati proračun za te namene.

7 POVZETEK

Človek že od nekdaj izboljšuje orožje. Najnovejši načrti nakazujejo na orožje, ki ne bo več izrabljalo kemične energije. Namesto te bo za izstrelitev izrabljalo elektromagnetno polje, tarče pa bo uničevalo s kinetično energijo. Marsikdo bi se v šali vprašal: "Kaj se bomo vrnili nazaj na katapulte?" A ta skrb je popolnoma nepomembna, ker nekateri raziskovalci razvijajo orožje, ki bo vojskovanje poneslo na novo raven.

Gaussov top deluje na principu magnetnega privlaka in trkov. Sestavljen je iz enega ali več členov, ki so sestavljeni iz permanentnega magneta in dveh jeklenih kroglic. Za magnetom sta dve kroglici in ko prileti ena kroglica v magnet, se zaradi trka zadnja pospeši naprej. Bistveno vprašanje, ki sem si ga zastavil, je bilo, če lahko izdelam Gaussov top, ki bo nevaren. Pod "nevaren" sem definiral to, da lahko Gaussov top prebije en list papirja (toliko kot slabša frača). Vprašljivo se mi je zdelo tudi to, koliko streljanj lahko prenese doma narejen top, saj se magnetki zaradi trkov postopoma razmagnetijo.

Top sem testiral največ z osmimi členi. Poleg magnetov v sklopu osnovnega člena, sem dodal še pomožne zunanje magnete, kar je dalo izstrelkom še večji pospešek. Vsak člen sem testiral 6-krat. 3-krat brez dodatnih magnetov in 3-krat z njimi. Sedmi in osmi člen sem testiral samo 3-krat.

Rezultati so pokazali, da že ob uporabi petih členov izstrelek prebije list papirja – pri medsebojni oddaljenosti členov 10 cm in dodatnimi magneti. Ugotovil sem, da po približno 36. poskusu magnetki opazno izgubijo moč.

8 ZAHVALA

Iskreno bi se zahvalil mentorju, Petru Brglezu, za pomoč, svetovanje, podporo in potrpežljivost z mano pri izdelavi raziskovalne naloge.

Na koncu bi se zahvalil tudi družini za pomoč pri premagovanju težav, spodbudo in veliko moralno podporo pri izdelovanju te naloge.

9 LITERATURA

Začetna zamisel Johna Munroa "A Trip to Venus", 1897

Bing (iskana beseda ´gaussov top`) (http://www.bing.com/)

Wolphram alpha (iskane besede ´gauss`, ´railgun` in ´coilgun`)

(http://www.wolframalpha.com/)

Enciklopedija (Mladinska knjiga)

Angleška Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

Slovenska Wikipedia (http://sl.wikipedia.org/wiki/Glavna_stran)