

VPLIV RAZLIČNIH PREDMETOV NA POJEMKE PRI TRKIH VOZIL

Področje: FIZIKA IN ASTRONOMIJA

RAZISKOVALNA NALOGA

Učenca: Timotej Komljanc

Matej Tomažin

9. razred

Mentor: Samo Škrabanja

Leto izdelave: 2025

Osnovna šola Šmartno



Kazalo

1 UVOD.....	9
2 HIPOTEZE	10
Hipoteza 1	10
Hipoteza 2	10
3 TEORETIČNI DEL	11
3.1 Kaj je trk?.....	11
3.2 Katere sile delujejo pri trku?.....	11
3.3 Koliko nesreč je na Slovenskem?	11
3.4 Kako preprečujemo hujše trke?.....	12
3.5 Kaj so ter kako računamo pospeške in pojemke?	13
3.6 Kinetična energija vozila in spremembe energij pri trku	13
3.7 Gibalna količina vozila in sunek sile pri trku	14
4 EKSPERIMENTALNI DEL.....	14
4.1 Izdelava klanca	14
4.2 Kako deluje?.....	15
4.3 Program za beleženje podatkov.....	17
5 REZULTATI MERITEV.....	18
5.1 Način merjenja in računanja podatkov	18
5.2 Kako hitro se voziček lahko pelje brez izgub na klanecu?	19
5.3 Tabele z izračuni povprečnih pojemkov s krmilnikom micro:bit	19
5.3.1 AVTO PRI 30 ° NAKLONU	19
5.3.2 AVTO PRI TRKU V STIROPOR PRI RAZLIČNIH NAKLONIH.....	20
5.3.3 TOVORNJAK PRI RAZLIČNIH MATERIALIH	20
5.4 Predstavitev podatkov videoanalize	20
5.4.1 IZRAČUN POJEMKOV S POMOČJO VIDEONALIZE	20
5.4.2 AVTO.....	20
5.4.3 TOVORNJAK	21
5.5 Analiza meritev s pomočjo krmilnika micro:bit	21
5.5.1 Avto.....	22
5.5.2 Tovornjak	23



5.6 Različne hitrosti avta pri trku v stiropor	23
5.6.1 Različne hitrosti avta pri trku v stiropor z videoanalizo.....	23
5.6.2 Različne hitrosti avta pri trku v stiropor z micro:bit-om.....	23
6 PRIMERJAVA PODATKOV IN RAZLAGA MERITEV	24
7 ZAKLJUČEK	26
8 VIRI IN LITERATURA	27
9 VIRI SLIK IN GRAFOV.....	27



Seznam oznak

Hitrost	v	[m/s]
Masa	m	[kg]
Sila teže	F_g	[N]
Sila ovire	F	[N]
Čas	t	[s]
Prožnostna energija	W_{pr}	[J]
Notranja energija	W_n	[J]
Kinetična energija	W_k	[J]
Potencialna energija	W_p	[J]
Pospešek/pojemek	a	[m/s ²]
Gibalna količina	G	[kgm/s]
Sunek sile	I	[kgm/s]



Seznam slik

Slika 1: Trk vozila Mercedes G-Wagon (vir: Youtube).....	9
Slika 2: Prikaz trka vozila za izvedbo meritev pri trku vozila (vir).	11
Slika 3: Blažilnik z zračnimi blazinami in kovinsko konstrukcijo (vir).....	12
Slika 4: Model blažilnika trkov iz tanke pločevine (lasten vir).	12
Slika 5: Klanec z 10° naklonom (lasten vir).	15
Slika 6: Klanec s 30° naklonom (lasten vir).	15
Slika 7: Avtomobilček z micro:bit-om (lasten vir).	16
Slika 8: Prikaz sil na klanecu (lasten arhiv).	16
Slika 9: Zajem zaslona kode micro:bit-a (lasten vir).	17
Slika 10: Slika načina merjenja podatkov z Youtubom (lasten vir).	18
Graf 1: Delež pospeška v x smeri v odvisnosti od časa.	22



Seznam tabel in grafov

Tabela 1: Največje hitrosti na klancih brez izgub.	19
Tabela 2: Pojemki avta pri trkih v različne materiale pri 30 ° naklonu.	19
Tabela 3: Pojemki pri 30 °, 20 °, 10 °naklonu v stiropor.	20
Tabela 4: Pojemki tovornjaka v različne materiale pri 30 ° naklonu.	20
Tabela 5: Podatki Youtuba za trk avta v različne predmete	21
Tabela 6: Podatki Youtuba za trk tovornjaka v različne predmete.....	21
Tabela 7: Časi in pospeški z micro:bit-om.....	22
Tabela 8: Podatki micro:bit-a za trk avta v različne predmete.....	22
Tabela 9: Podatki micro:bit-a za trk tovornjaka v različne predmete	23
Tabela 10: Podatki videoanalize za trke avta v stiropor pri različnih hitrostih.....	23
Tabela 11: Podatki za trke avta v stiropor pri različnih hitrostih zabeleženimi z micro:bit-om.....	24

Raziskovalna naloga s področja fizike



Timotej Komljanc, Matej Tomažin,
Vpliv različnih predmetov na pojemke
pri trkih vozil

Zahvala

Zahvalila bi se rada mentorju Samu Škrabanji za vso pomoč pri delu in napakah,
svetovanje ter izvedbi projektne naloge.



Povzetek

Vpliv različnih predmetov na pojemke pri trkih vozil

Namen naloge je bil raziskati, kako hitrost in masa vplivata na trke in kako različne ovire pomagajo pri ustavitvi vozila. Preučevala sva elastične in neelastične trke ter ugotavljala, kako masa in hitrost vozil vplivata na končne rezultate trka. Pri eksperimentih sva uporabila različne ovire, vozičke na ravni stezi in mikrokontroler micro:bit, s katero sva merila pospešek in pojemek. Posnetke trka sva obdelala z aplikacijo VidAnalysis, ki pa nama je pomagala pri izračunu končne hitrosti pred trkom in po trku.

Ključne besede: trki, ovire, hitrost, masa, micro:bit

Abstract

Influence of different objects on negative acceleration at collisions of vehicles

The goal of this research was to investigate how speed and mass affect collisions and how different obstacles help to stop a vehicle. We studied elastic and inelastic collisions and determined how the mass and speed of the vehicles affect the final results of the collision. In the experiments, we used various obstacles, trolleys on a straight track and a micro:bit microcontroller, which we used to measure acceleration and deceleration. We processed the video of the collision with the VidAnalysis application, which helped us calculate the final speed before and after the collision.

Keywords: collisions, obstacles, speed, mass, micro:bit



1 UVOD

Temo o pojemkih ob trku pri različnih masah, hitrostih in materialih sva si izbrala saj naju je navdušil oglas za G-klaso avtov Mercedes, kjer testirajo trke avta, le-ta pa gre čez vse stene, brez vsake praske. Ob gledanju oglasa sva se spraševala kolikšen vpliv na pojemke imajo materiali in masa pri trku.

Vprašanja, ki so najpomembnejša so: Kaj sploh je trk, katere sile delujejo pri trku, koliko nesreč je na Slovenskem in kako preprečujemo hujše trke.



Slika 1: Trk vozila Mercedes G-Wagon (vir: [Youtube](#)).



2 HIPOTEZE

Odvisnost od hitrosti in mase različno vplivata na pojemke. Zanima naju če se pojemki povečujejo enakomerno ali neenakomerno glede na dani spremenljivki.

Hipoteza 1: Večja masa vpliva na pojemke vozila pri eni hitrosti.

Masa se pri različnih vozilih spreminja. Pričakujeva, da bo večja masa vozil povzročila večje pojemke.

Hipoteza 2: Različne hitrosti vplivajo na pojemke vozila.

Hitrost pomembno vpliva na pojemke. Pri višjih hitrostih sklepava, da bodo pojemki večji.



3 TEORETIČNI DEL

3.1 Kaj je trk?

Trk je medsebojni stik dveh teles, ki se gibljeta drugo proti drugemu. Delimo jih na elastične in neelastične trke. Pri elastičnem trku se udeležena telesa ne deformirajo trajno, saj se vsa prožnostna energija po trku spet pretvori v kinetično energijo, zato se ta ne porabi med trkom. Pri neelastičnem pa se del kinetične energije pretvori v trajno deformacijo teles, ki so udeleženi v trku. V prometnih nesrečah skoraj vedno pristopi neelastični trk, ki vozilo trajno deformira. Čas trka se s hitrostjo vozila krajša (Leksikon, 400-401).



Slika 2: Prikaz trka vozila za izvedbo meritev pri trku vozila ([vir](#)).

3.2 Katere sile delujejo pri trku?

Pri trku deluje več sil: sila vozila, ki kaže v smeri gibanja vozila in je pozitivna, trenje, ki je večinoma nasprotno sili vozila in sila ovire (stena, drevo, drugo vozilo, itd.), ki je tudi nasprotna sili vozila. Silo vozila pri trku se lahko izračuna z enačbo $F = m \cdot a$, če poznamo maso in pojemek vozila.

3.3 Koliko nesreč je na Slovenskem?

Prometne nesreče so del vsakega dne na Slovenskih cestah. Kljub izboljšavi varnostnih sistemov avtov, pa število prometnih nesreč še vedno presega 10.000 letno. V letu 2023



so na slovenskih cestah obravnavali približno 19.780 nesreč, kar je 6 % več kot leto prej, zmanjšalo pa se je število mrtvih v nesrečah za 4 % (Stanje prometne varnosti 2023, [vir](#)).

3.4 Kako preprečujemo hujše trke?

Na večjih cestah nesreče preprečujemo z blažilniki trkov (avtocestni izvozi, cestnine, mejni prehodi, itd.), ki so zasnovani, da absorbirajo čim več kinetične energije avta, ki se zaleti vanje. Slika 3 prikazuje blažilnik z zračnimi blazinami.



Slika 3: Blažilnik z zračnimi blazinami in kovinsko konstrukcijo ([vir](#)).



Slika 4: Model blažilnika trkov iz tanke pločevine (lasten vir).



Pri trku tudi pomembno zmanjšajo pojemek vozila in s tem sile, ki delujejo na vozilo in potnike. Blažilniki so lahko narejeni iz materialov, ki omogočajo dobro absorpcijo kinetične energije, npr. iz vreč zraka ali kovinskih cevi lahko pa tudi iz sodov z vodo. Blažilnik trkov sva izdelala iz tanke pločevine in ga uporabila v raziskavi, prikazan je na sliki 4.

3.5 Kaj so ter kako računamo pospeške in pojemke?

Pospešek ali pojemek pove, kolikšna je sprememba hitrosti v eni sekundi. Kadar je sprememba hitrosti Δv v časovnem intervalu Δt konstantna, govorimo o enakomerno pospešenem gibanju. Enota za merjenje pospeška je $\frac{m}{s^2}$. Ko je sprememba hitrosti Δv pozitivna govorimo o pospešku, ko je negativna pa o pojemku ali o negativnem pospešku. Pospeške in pojemke računamo z enačbo $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ (Moja prva fizika 2, str. 12).

3.6 Kinetična energija vozila in spremembe energij pri trku

Kinetična energija W_k vozila je odvisna od mase in hitrosti vozila. Večanje W_k ni premo enakomerno, temveč neenakomerno, in sicer se W_k vozička glede na hitrost veča s kvadratom hitrosti. W_k se med enakomernim gibanjem (ko je vsota sil na vozilo enaka 0) ne spreminja, če je vsota sil pozitivna (vozilo pospešuje) se W_k viša. Pri trkih govorimo tudi o naletni teži, ki je pri 50 km/h za otroka z maso 20 kg 5 kN, žensko z maso 60 kg 15 kN in moškega z maso 80 kg več kot 20 kN. Pri hitrosti 90 km/h pa za otroka 15 kN, žensko 45 kN in moškega 60 kN (Zloženska varnostni pas, [vir](#)).

Na podlagi enačbe $a = \frac{F}{m}$, $F = m * a$ lahko izračunamo, da je pojemek, ki ga pri trku s hitrostjo 50 km/h občuti otrok z maso 10 kg, približno **-252 m/s²**. Enak pojemek velja tudi za odraslo žensko (npr. 60 kg) ali moškega (80 kg), saj je sprememba hitrosti in čas trka za vse enak, spreminja se le sila. Tako bi ženska pri trku občutila silo **okoli -15.153 N**, moški pa še več – **okoli -20.204 N**. Ti podatki ponazarjajo, kako silovita je ustavitev telesa brez varnostnega pasu, saj sile presegajo večkratno težo osebe.

Pri trku se W_k lahko spremeni v prožnostno energijo, ki se običajno absorbira v odbijač ali oviro, notranjo energijo, ki se pojavi kot posledica trenja in povzroči segrevanje telesa



ter okolice, delo zaviralne sile, ki je nasprotna sili vozila in povzroči trajno deformacijo vozila ali ovire, lahko pa se spremeni tudi v potencialno energijo, ki povzroči dvig vozila.

3.7 Gibalna količina vozila in sunek sile pri trku

Gibalna količina je produkt mase in hitrosti vozila in se uporablja za opis gibanja telesa pred in po trku. Izračunamo ga z enačbo $G = m \cdot v$ in merimo v enoti $\frac{kgm}{s}$.

Sunek sile ali impulz predstavlja spremembo gibalne količine telesa pri trku in se izračuna kot produkt sile in časa trajanja trka. Izračunamo ga z enačbo $I = \Delta G = F \cdot \Delta t$ in merimo v enoti Ns ali $\frac{kgm}{s}$ (Leksikon Fizika, str. 108).

Če privzamemo, da se gibalna količina vozila pri trku zmanjša na nič, je

$\Delta G = F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$. Izračunano vrednost gibalne količine delimo s časom trka $F = \frac{\Delta G}{\Delta t}$ in dobimo približno povprečno silo vozila na oviro. Izračun pospeška iz gibalne količine ni smiseln, saj je $F = \frac{\Delta G}{\Delta t} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t} = m \cdot a$ in dobimo enako vrednost kot iz enačbe $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$.

4 EKSPERIMENTALNI DEL

4.1 Izdelava klanca

Klanec dolžine 2,5 metra sva izdelala iz dveh desk, ki sva ju združila z vijaki. Za združitev spodnje deske in ostalih dveh sva uporabila premičen tečaj, ki omogoča spreminjanje naklona. Stojalo in klanec sva skupaj pritrdila z vijakom in krilno matico, ki nama omogoča spreminjanje višine. Na spodnjem delu klanec preide v ravnino, kjer smo merili hitrost, na koncu pa je na desko pritrjen kos lesa, ki služi kot ovira in opora drugih ovir. Za progo sva uporabila ravne Lego tračnice in bolj prožne tračnice, ki omogočajo lažji pregib klanca. Avtomobilček je tudi sestavljen iz Lego kock, nanj pa sva pritrdila še krmilnik micro:bit, škatlico za baterije in utež pri tovarnjaku.



4.2 Kako deluje?



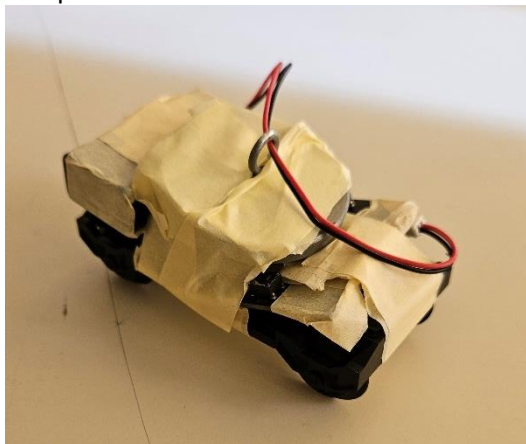
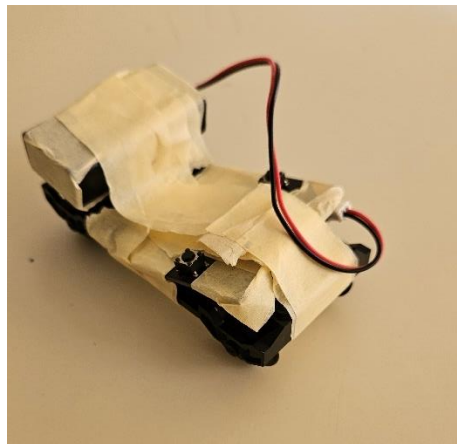
Slika 5: Klanec z 10° naklonom (lasten vir).

Klanec sva izdelala, da sva dosegala različne hitrosti vozička. Deluje tako, da pri stojalu nastaviš naklon klanca, ki vpliva na hitrost, spodaj na koncu nastaviš oviro in nato voziček spustiš z vrha klanca. S tem lahko dosežemo hitrosti do malo manj kot $5 \frac{m}{s}$, lahko pa tudi čisto nizke, če je naklon klanca manjši. Naloga klanca je, da voziček na njem pospeši, ravnino pred trkom pa sva naredila za lažje merjenje končne hitrosti pred trkom.

Avtomobilček je tudi sestavljen iz Lego kock, nanj pa sva pritrdila še krmilnik micro:bit, škatlico za baterije in utež pri tovarnjaku.



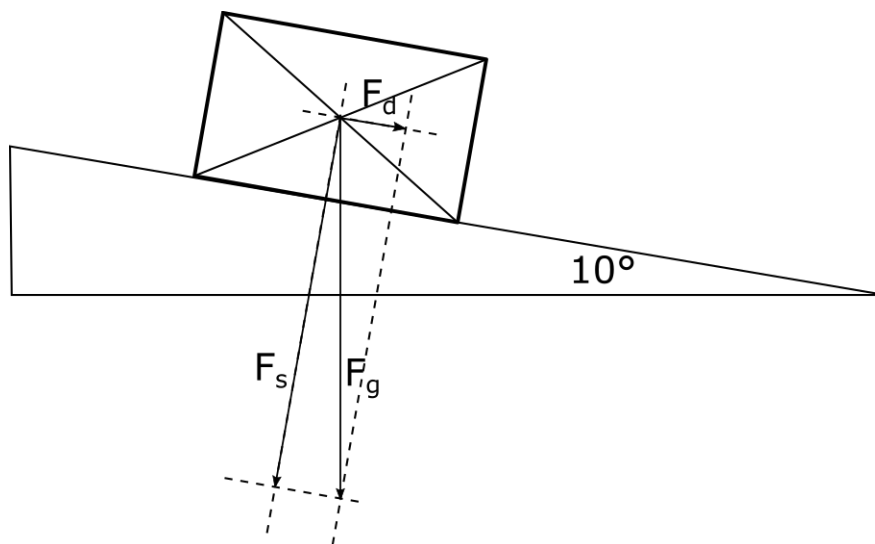
Slika 6: Klanec s 30° naklonom (lasten vir).



Slika 7: Avtomobilček z micro:bit-om (lasten vir).

Slika 7: Tovornjak z micro:bit-om (lasten vir).

Na sliki 9 je prikazana sila teže ter dinamična in statična komponenta sile teže. Dinamična sila povzroča pospeševanje telesa na klancu in se povečuje z večanjem naklona klanca.



Slika 8: Prikaz sil na klancu (lasten arhiv).

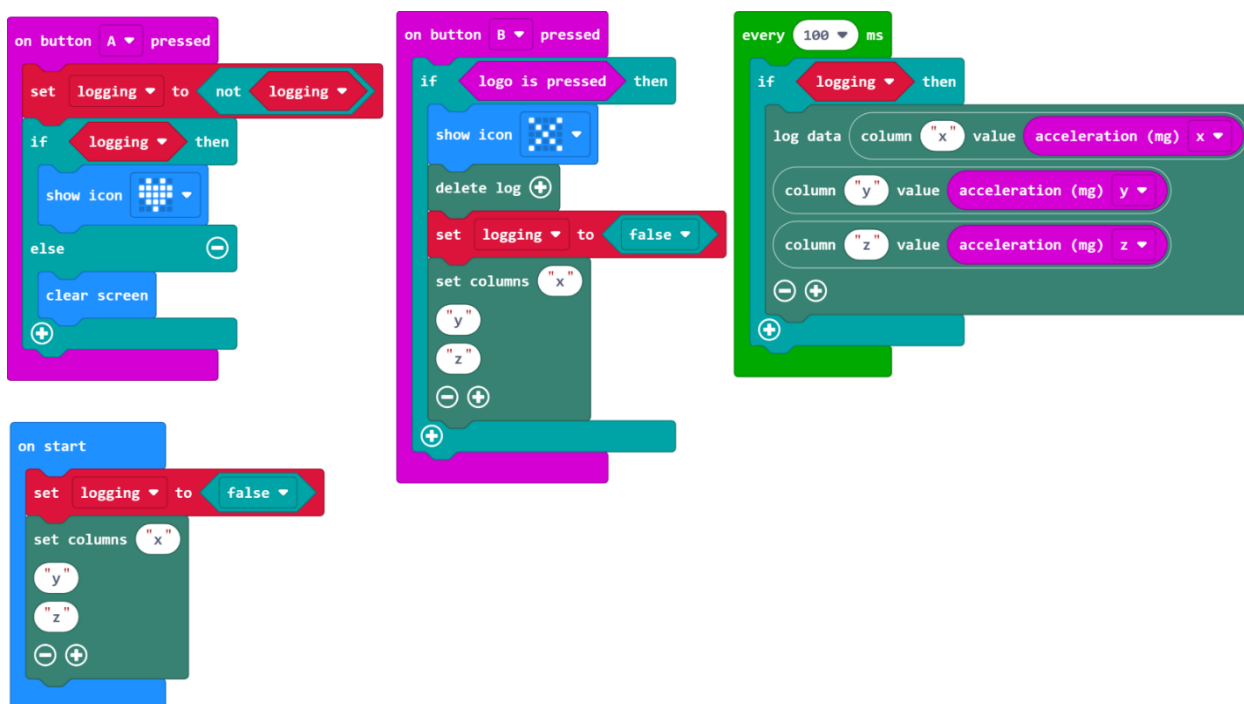
Sile na klancu sva izmerila na risbi in jih uporabila za izračun pospeška na klancu. Z enačbama $F_g = m * g$, ki sva jo obrnila v $m = \frac{F_g}{g}$ in $F_d = m * a$, ki sva jo tudi obrnila v $m = \frac{F_d}{a}$, nato pa sva izenačila masi in dobila $\frac{F_g}{g} = \frac{F_d}{a}$ ter izpostavila pospešek $a = \frac{F_d * g}{F_g}$.



Za spremembo naklona klanca sva uporabljala velik geotrikotnik, s katerim sva izmerila naklonski kot klanca. Na voziček sva z lepilnim trakom pritrdila mikrokrmilnik micro:bit, škatlico za baterije in utež pri tovornjaku.

4.3 Program za beleženje podatkov

Kodo za merjenje pospeškov in pojemkov sva naredila v programu micro:bit makecode. Program deluje tako, da ob pritisku gumba A začne beležiti pospeške na vsakih 100 milisekund. Ob ponovnem pritisku gumba A program začne beležiti podatke, ob pritisku gumba B pa se podatki izbrišejo.



Slika 9: Zajem zaslona kode micro:bit-a (lasten vir).



5 REZULTATI MERITEV

5.1 Način merjenja in računanja podatkov

Podatke sva merila z mikrokrmilnikom micro:bit in z aplikacijo Youtube. Mikrokrmilnik micro:bit nama je podal podatke iz perspektive vozička, kjer je bil trk bolj natančno razviden, zabeleženi pa so bili tudi detajli, ki z aplikacijo Youtube niso bili razvidni. Z aplikacijo bila lažje razvidna končna hitrost. Kamera na telefomu, uporabljenem za snemanje trka naredi 60 sličic na sekundo, kar pomeni, da interval med dvema traja 0,017 s. Youtube omogoča natančnega merjenje časa trka, zato so pri meritvah lahko dosti natančna. Z aplikacijo Youtube sva posnela voziček na ravnini, nato pa s pomočjo vdelane funkcije premikanja posnetka za vsako sličico odčitala hitrost kot kaže spodnja slika. Vozičku sva pri vsaki sličici odčitala prepotovano razdaljo. Na voziček, ki je predstavljal avto je bil pritrjen mikrokrmilnik micro:bit in škatlica za baterije. Celotna masa vsega je bila 62 g. Na voziček, ki je predstavljal tovornjak, sva pritrdila tudi utež, da je imel maso 200 g. Za vsak primer sva avtomobilček po klancu spustila trikrat, nato pa iz vseh rezultatov za en poskus izračunala povprečje, kar pa nama je omogočilo večjo natančnost.



Slika 10: Slika načina merjenja podatkov z Youtubom (lasten vir).

Podatke o kinetični energiji W_k sva izračunala z enačbo $W_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$, silo vozička pa z enačbo $F = m \cdot a$. Rdeči črti na sliki 11 predstavljata začetno in končno lego vozička.



5.2 Kako hitro se voziček lahko pelje brez izgub na klancu?

Čas gibanja vozička po klancu izračunamo iz enačbe za pot pri enakomerno pospešenem

gibanju $s = \frac{a \cdot t^2}{2}$. Iz enačbe izrazimo čas $t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$.

Tabela 1: Največje hitrosti na klancih brez izgub.

ρ [°]	a_1 [$\frac{m}{s^2}$]	t	Δv [$\frac{m}{s}$]
10 °	1,77	1,68	2,97
20 °	3,36	1,22	4,10
30 °	5,00	1,00	5,00

Voziček, ki sva ga uporabila za raziskovanje, je imel izgube, kot so trenje in upor zraka. Zanimalo naju je kolikšna pa je maksimalna hitrost na klancih z naklonom 10 °, 20 ° in 30 ° brez izgub. Na 10 ° klancu bi imel voziček v idealnih pogojih pospešek $1,77 \frac{m}{s^2}$, čas pospeševanja bi bil 1,68 s sprememba hitrosti pa bi bila enaka $2,97 \frac{m}{s}$. Pri 20 ° klancu bi imel voziček v idealnih pogojih pospešek $3,36 \frac{m}{s^2}$, čas pospeševanja bi bil 1,22 s, sprememba hitrosti pa bi bila enaka $4,10 \frac{m}{s}$. Pri 30 ° naklonu in idealnih pogojih bi imel voziček pospešek enak $5 \frac{m}{s^2}$, ali polovico Zemljinega težnostnega pospeška, čas pospeševanja bi bil 1 s, sprememba hitrosti bi pa bila $5 \frac{m}{s}$.

5.3 Tabele z izračuni povprečnih pojemkov s krmilnikom micro:bit

5.3.1 AVTO PRI 30 ° NAKLONU

Tabela 2: Pojemki avta pri trkih v različne materiale pri 30 ° naklonu.

material	a_1 [$\frac{m}{s^2}$]	a_2 [$\frac{m}{s^2}$]	a_3 [$\frac{m}{s^2}$]	\bar{a} [$\frac{m}{s^2}$]
pena	-3,61	-7,89	-4,35	-5,28
stena	-19,23	-14,20	-19,23	-17,55
blažilnik	-18,72	-9,89	-18,84	-15,82



5.3.2 AVTO PRI TRKU V STIROPOR PRI RAZLIČNIH NAKLONIH

Tabela 3: Pojemki pri 30 °, 20 °, 10 ° naklonu v stiropor.

ρ [°]	a_1 [$\frac{m}{s^2}$]	a_2 [$\frac{m}{s^2}$]	a_3 [$\frac{m}{s^2}$]	\bar{a} [$\frac{m}{s^2}$]
10	-7,46	-4,16	-4,28	-5,30
20	-14,48	-10,08	-10,38	-11,65
30	-17,70	-15,77	-10,71	-14,73

5.3.3 TOVORNJAK PRI RAZLIČNIH MATERIALIH

Tabela 4: Pojemki tovornjaka v različne materiale pri 30 ° naklonu.

Material	a_1 [$\frac{m}{s^2}$]	a_2 [$\frac{m}{s^2}$]	a_3 [$\frac{m}{s^2}$]	\bar{a} [$\frac{m}{s^2}$]
pena	-10,87	-5,49	-7,69	-8,01
stiropor	-20,01	-9,57	-16,60	-15,39
stena	-16,48	-20,01	-16,79	-17,76
blažilnik	-4,75	-17,03	-11,07	-10,95

5.4 Predstavitev podatkov videoanalize

5.4.1 IZRAČUN POJEMKOV S POMOČJO VIDEONALIZE

Vozili sta imeli različni masi. Vozilo, ki predstavlja avto tehta 0,062 kg, drugo, ki predstavlja tovornjak pa 0,2 kg.

5.4.2 AVTO

V tabeli so zapisani podatki, ki so bili izmerjeni z aplikacijo Youtube. S to aplikacijo sva odčitala čas potovanja vozička od ene do druge točke in izračunala povprečno hitrost. Izmerila sva tudi čas trka ter izračunala pojemke. S pomočjo mase sva izračunala še kinetično energijo W_k . Z drugim Newtonovim zakonom $F = m * a$ sva izračunala zaviralne sile ovir med trkom. S pomočjo videa in odtisa na predmetu sva izmerila tudi deformacijo ovire med trkom s in izračunala delo sile ovire z enačbo $A = F * s = m * a * s$. Enake vrednosti bi lahko dobili tudi z računanjem gibalnih količin in sunkov sil.



Tabela 5: Podatki Youtuba za trk avta v različne predmete

material	$\Delta v \left[\frac{m}{s}\right]$	$\Delta t [s]$	$a \left[\frac{m}{s^2}\right]$	$W_k [J]$	$F [N]$	$s [m]$	$A [J]$
blažilnik	-3,9	0,051	-76,47	0,472	-4,741	0,05	-0,237
stena	-3,9	0,017	-229,41	0,472	-14,223	0	0,000
pena	-4,1	0,017	-241,18	0,521	-14,953	0,005	-0,071
stiropor	-3,8	0,017	-223,53	0,448	-13,837	0,002	-0,027

5.4.3 TOVORNJAK

Tabela 6: Podatki Youtuba za trk tovornjaka v različne predmete

material	$\Delta v \left[\frac{m}{s}\right]$	$\Delta t [s]$	$a \left[\frac{m}{s^2}\right]$	$W_k [J]$	$F [N]$	$s [m]$	$A [J]$
blažilnik	-3,76	0,067	-56,11	0,372	-11,222	0,06	-0,673
stena	-3,93	0,034	-115,59	0,393	-23,118	0	0,000
pena	-4,13	0,034	-121,47	0,413	-24,294	0,004	-0,097
stiropor	-3,83	0,042	-91,19	0,383	-18,238	0,002	-0,036

5.5 Analiza meritev s pomočjo krmilnika micro:bit

Krmilnik micro:bit izmeri pospešek v deležu težnega pospeška g , ki znaša $9,81 \frac{m}{s^2}$. Meritve z micro:bit-a sva vnesla v razpredelnico in jih prikazala na grafu odvisnosti pospeška od časa (vrednost 1000 predstavlja pospešek $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$). Micro:bit ima najkrajši čas beleženja podatkov 100 ms, kar onemogoča natančnejše meritve. Pred izvedbo meritev sva preverila, katera je smer x in na podlagi tega ustrezno usmerila micro:bit na vozilu. Spreminjane pospeška na spodnjem grafu povzroči tresenje vozička med vožnjo, največji pojemek je trk v oviro. Sprememba pospeška na grafu je posledica trsljajev vozička med vožnjo.

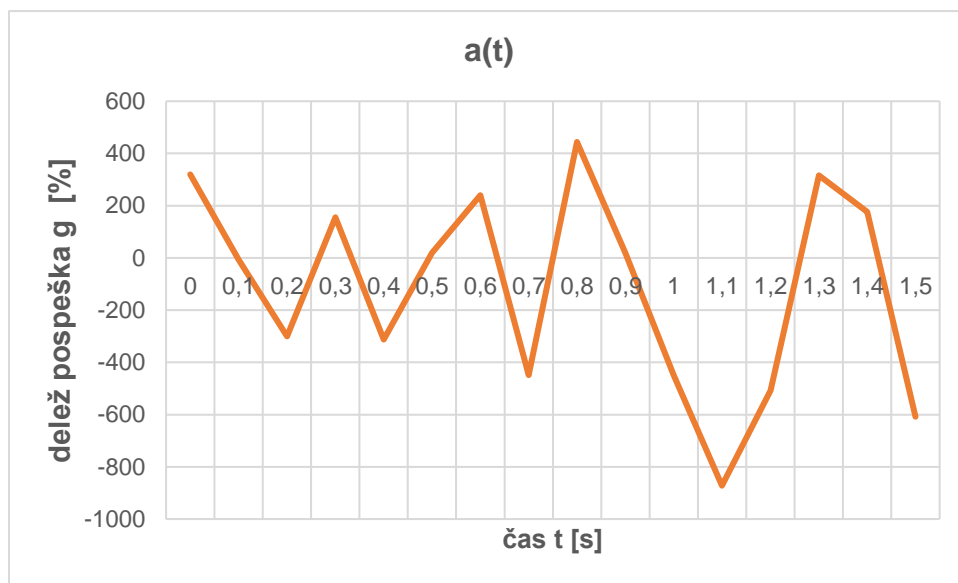
Iz podatkov in grafa je razvidno, da se je trk zgodil v času od 0,9 s do 1,1 s od pričetka gibanja. Meritve pred časom 0,9 s prikazujejo vožnjo po klancu in ravnini ter po času 1,1 s po trku.



Na podlagi meritev lahko izračunamo spremembo hitrosti za vse trke avta in tovornjaka po enačbi: $\Delta v = a * \Delta t = -0,872g * \Delta t = -0,872 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,2s = -1,71 \frac{m}{s}$.

Tabela 7: Časi in pospeški z micro:bit-om.

t [s]	a [%g]
0	320
0,1	-8
0,2	-300
0,3	156
0,4	-312
0,5	20
0,6	240
0,7	-448
0,8	444
0,9	20
1	-448
1,1	-872
1,2	-508
1,3	316
1,4	176
1,5	-608



Graf 1: Delež pospeška v x smeri v odvisnosti od časa.

5.5.1 Avto

Tabela 8: Podatki micro:bit-a za trk avta v različne predmete.

material	Δv [$\frac{m}{s}$]	Δt [s]	a [$\frac{m}{s^2}$]	W_k [J]	F [N]	s [m]	A [J]
blažilnik	-3,9	0,017	-18,84	0,472	-1,168	0,050	-0,058
stena	-3,9	0,017	-17,55	0,472	-1,088	0	0
pena	-4,1	0,017	-5,28	0,521	-0,327	0,005	-0,002
stiropor	-3,4	0,017	-14,73	0,358	0,913	0,002	-0,002



5.5.2 Tovornjak

Krmilnik micro:bit izmeri pospešek v deležu težnega pospeška g , ki znaša $9,81 \text{ m/s}^2$.

Tabela 9: Podatki micro:bit-a za trk tovornjaka v različne predmete

material	$\Delta v \left[\frac{m}{s} \right]$	$\Delta t [s]$	$a \left[\frac{m}{s^2} \right]$	$W_k [J]$	$F [N]$	$s [m]$	$A [J]$
blažilnik	-0,73	0,2	-3,65	1,362	-0,73	0,06	-0,043
stena	-1,45	0,2	-7,25	1,399	-1,45	0	0
plastelin	-1,94	0,2	-9,7	1,467	-1,94	0,003	-0,006
stiropor	-2,82	0,2	-14,1	1,239	-2,82	0,003	-0,008

5.6 Različne hitrosti avta pri trku v stiropor

5.6.1 Različne hitrosti avta pri trku v stiropor z videoanalizo

Pojemke sva izračunala z enačbo $\Delta v = a\Delta t$.

Tabela 10: Podatki videoanalize za trke avta v stiropor pri različnih hitrostih.

$\Delta v \left[\frac{m}{s} \right]$	$\Delta t [s]$	$a \left[\frac{m}{s^2} \right]$	$W_k [J]$	$F [N]$	$s [m]$	$A [J]$
-2,4	0,017	-141,2	0,179	-8,753	0,0010	-0,009
-3,4	0,020	-170,0	0,358	-10,540	0,0015	-0,016
-3,8	0,020	-190,0	0,448	-11,78	0,0020	-0,024

5.6.2 Različne hitrosti avta pri trku v stiropor z micro:bit-om

Krmilnik micro:bit izmeri pospešek v deležu težnega pospeška g , ki znaša $9,81 \text{ m/s}^2$. Te podatke sva v tabeli tudi predstavila. Podatke sva izračunala z enačbo $\Delta v = a\Delta t$.

$$\Delta v = a * \Delta t = -0,676 \text{ g} * \Delta t = -0,676 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,2 \text{ s} = -1,71 \frac{m}{s}$$



Tabela 11: Podatki za trke avta v stiropor pri različnih hitrostih zabeleženimi z micro:bit-om

Naklon [°]	$a \left[\frac{m}{s^2}\right]$	Δt [s]	Δv [m/s]	W_k [J]	F [N]	s [m]	A [J]
10 °	-5,30	0,017	-1,33	0,050	-0,41	0,0010	-0,0004
20 °	-11,65	0,020	-1,71	0,090	-0,53	0,0015	-0,0008
30 °	-14,73	0,020	-2,47	0,190	-0,77	0,0020	-0,0015

6 PRIMERJAVA PODATKOV IN RAZLAGA MERITEV

Pri meritvah trkov vozička sva uporabila dve različni metodi – krmilnik **micro:bit** in **videoanalizo** s pomočjo aplikacije YouTube. Obe metodi sta imeli prednosti in pomanjkljivosti, rezultati pa so se med seboj deloma razlikovali.

Micro:bit meri pospešek v časovnih intervalih po 100 ms, kar pomeni, da so trki, ki trajajo krajši čas (npr. 0,017 s), zajeti manj natančno. Zato je bila pri micro:bitu sprememba hitrosti (Δv) pri trku pogosto manjša, kot bi dejansko morala biti. Na primer, pri trku avta v stiropor na 30° naklonu je micro:bit zaznal $\Delta v = -2,47 \frac{m}{s}$, medtem ko je videoanaliza pokazala $\Delta v = -3,8 \frac{m}{s}$. Razlika nastane predvsem zaradi boljše časovne ločljivosti videoposnetka.

Tudi izračunani **pospeški in pojemki** so bili pri videoanalizi večji. Videoanaliza je v istem primeru pokazala pojemek $-190 \frac{m}{s^2}$, medtem ko je micro:bit zaznal le $-14,73 \frac{m}{s^2}$. To je posledica krajše izmerjene dolžine trka in bolj natančnega merjenja časa.

Pri micro:bit-u pa sva opazila tudi, da če se ta ob trku ugasne, kar je bilo največkrat pri trkih v steno, pa so bili pojemki približno štirikrat manjši, kot bi morali biti. Te spuste sva nato tudi večkrat ponovila, da so rezultati čim bolj natančni.

Pri merjenju **dela sile in deformacije** ($A = F \cdot s$) so bile vrednosti pri videoanalizi praviloma večje. Na primer, pri trku tovornjaka v blažilnik je YouTube analiza pokazala delo -0,673 J, medtem ko je bilo s podatki iz micro:bit-a izračunanih le -0,043 J. Meritev



z micro:bit-om je bila manjša kot tudi opravljeno delo zaradi manj natančnega zaznavanja hitrih sprememb.

Pri **nižjih naklonih** (npr. 10°) so bile razlike med metodama manjše, saj so bile hitrosti manjše in trki manj siloviti. V teh primerih je tudi micro:bit lahko bolj zanesljivo zaznal spremembo hitrosti in izračunal pojemek.

Pri trkih lahko z enostavnimi meritvami in uporabo mikrokontrolerja micro:bit preučujemo zakonitosti gibanja in sil, ki vplivajo na trke. Kljub temu da pri eksperimentih prihaja do odstopanj, saj so strokovne meritve veliko natančnejše, lahko s ponavljanjem meritev in uporabo osnovnih modelov še vedno pridemo do uporabnih zaključkov o ohranitvi gibalne količine in energije pri trkih. Za večjo natančnost bi morali meritve večkrat ponoviti ali pa uporabiti natančnejše merilnike.

V prvi hipotezi naju je zanimalo, kako masa vozil vpliva na sile pojemekov – sklepala sva, da se sila trka enakomerno povečuje z maso teles. Meritve pa so pokazale, da se sile pri trkih povečujejo linearno, kar ustreza drugemu Newtonovemu zakonu $F = m * a$. Izračuni sil so bili precej nenatančni, saj so se trki zgodili zelo hitro in je bilo merjenje časov nenatančno. Pri poskusih sva pozneje opazila, da masa ne vpliva na pojemek, kot je vidno tudi v tabelah. Rezultati se pri istem predmetu in drugačni masi niso spremenili veliko, samo toliko, da so bile opazne spremembe, ki pa so jih povzročile nenatančne meritve. Pri večjem pojemku se je povečala sila ovire na vozilo, torej sta ti dve količini premo sorazmerni.

Ovira je tudi opravila delo, saj je prišlo do manjše deformacije ovire.

Hipoteza 1 - **NEPOTRJENA**

Pri drugi hipotezi sva sklepala, da bojo pri višjih hitrostih tudi večji pojemki. Meritve so pokazale, da se pojemki povečujejo s hitrostjo, vendar zaradi eksperimentalnih omejitev nismo mogli natančno potrditi odvisnosti. Teoretično pa velja, da večja hitrost pomeni večjo kinetično energijo, ki se mora ob trku sprostiti v krajšem času, kar pomeni, da so tudi pojemki večji.

Hipoteza 2 – **POTRJENA**



7 ZAKLJUČEK

Na trke vpliva veliko dejavnikov. Z meritvami sva ugotovila, da večja kot je hitrost telesa in večja kot je njegova masa, večja je tudi sila trka in pojemek. Ti količini ne naraščata enakomerno, temveč se spreminjata na neenakomeren način. Uporaba mikrokrmilnika micro:bit je enostavna, vendar zahteva temeljito pripravo in analizo podatkov. Omogoča izvedbo avtomatskih meritev, ki jih ročno ni mogoče izvesti. Kljub morebitnim napakam pri meritvah je mogoče ugotoviti zakonitosti in vpliv mase, hitrosti ter vrste trka na sile, ki nastanejo pri trčenju, kar pomaga pri razumevanju varnosti vozil in fizikalnih principov trkov.



8 VIRI IN LITERATURA

Štuhec M., Duden Leksikon-Fizika. Učila, 2002.

Černe P., Kozlevčar B. idr. Oxfordova ilustrirana enciklopedija izumov in tehnologij. DZS, 1997.

Adler I., FIZIKA čudo znanosti. DZS, 1973.

Marošević T., Gojkošek M., Černoša T., Grašič Slevce M., Fizika+9. Rokus-Klett, 2015.

Anglade C., Helenbrand L., Korach O., Vandier C., povej ZAKAJ ..., Globus, 1973.

Zloženska varnostni pas, Agencija za varnost v prometu. Pridobljeno s [ZLOZENKA VARNOSTNI-PAS](#)tisk.pdf

Stanje prometne varnosti 2023. Pridobljeno s [Stanje prometne varnosti 2023 – znani so uradni podatki - Agencija za varnost prometa - AVP](#)

9 VIRI SLIK IN GRAFOV

Slika 1: Mercedes-Benz G-Class Crash Test. Pridobljeno s [\(196\) Mercedes-Benz G-Class Crash Test - Built unlike any other - YouTube](#)

Slika 2:. Pridobljeno s [image-asset.jpeg \(2500×1429\)](#)

Slika 3: Blažilnik z zračnimi blazinami in kovinsko konstrukcijo. Pridobljeno s [Blažilniki trkov | Dejavnosti in storitve | Signalinea d.o.o.](#)