

»Mladi za napredek Maribora 2013«
30. srečanje

FIZIKALNI VIDIKI IZDELAVE ELASTOMOBILA

Raziskovalno področje FIZIKA IN ASTRONOMIJA

Raziskovalna naloga

05q |kÁ P OZÁ QP ÔÛÄ ÜSUÁŠÖXQ
T ^} q |kÁ ÜVQ ÁSPWÚŠŽ
¥[|ak ÁURP OÁŠÔPZÁ ÜÜÜ

Datum: 13. februar 2013

**»Mladi za napredek Maribora 2013«
30. srečanje**

FIZIKALNI VIDIKI IZDELAVE ELASTOMOBILA

Raziskovalno področje FIZIKA IN ASTRONOMIJA

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO



Datum: 13. februar 2013

KAZALO VSEBINE

POVZETEK	3
ZAHVALA	4
UVOD.....	5
3 FIZIKALNE OSNOVE IN DOPOLNITEV ZNANJA	6
3.1 Sile	6
3.2 Navor ali vrtilni moment	7
3.3 Prožnostna energija.....	7
3.4 Enakomerno in pospešeno gibanje	8
3.4.1 Enakomerno gibanje	8
3.4.2 Enakomerno pospešeno gibanje	8
4 KONSTRUIRANJE IN TESTIRANJE DELOVANJA ELASTOMOBILA.....	9
4.1 Omejitve, podane z razpisom:.....	9
4.1.1 Pogon.....	9
4.1.2 Oblikovne omejitve elastomobila:	9
4.1.3 Tovor	9
4.1.4 Ohranjanje smeri vožnje	9
4.2 Določanje karakteristik vzmeti in elastike.....	10
4.3 Izračuni in značilnosti pogona	12
4.3.1 Pot in število vrtljajev kolesa.....	12
4.3.2 Raztezek vzmeti in število vrtljajev pogonske gredi.....	12
4.3.3 Uporaba škripčevja pri pogonu elastomobila	13
4.3.4 Pogonska sila na kolesih.....	15
4.4 Izdelava elastomobila.....	15
4.5 Merjenje sile trenja in primerjava z izračunano velikostjo vlečne sile.....	18
4.6 Vožnja elastomobila	18
4.7 Razprava in predlagane izboljšave	20
5 ZAKLJUČEK.....	22
6 DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	23
PRILOGE.....	24
VIRI IN LITERATURA.....	29

KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1: Obremenitve in raztezki vzmeti, elastike ter vzmeti in elastike skupaj	10
Tabela 2: Spreminjanje hitrosti in pospeška pri vožnji elastomobila v šolski telovadnici (vir: avtorja)	19
Tabela 3: Prikaz podatkov za gibanje elastomobila, ki ga poganjata vzmet in elastika skupaj (vir: avtorja)	20

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Graf raztezka v odvisnosti od sile za elastiko, vzmet ter elastiko in vzmet skupaj (vir: avtorja)	11
---	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Dinamometer (vir: http://www.mcpsch.com/Dinamometers.html , datum ogleda: 9. 11. 2012 in avtorja)	6
Slika 2: Grafično ponazarjanje sil (vir: avtorja).....	6
Slika 3: Moment-ključ (vir: http://mungo.ch/sl/leksikon-pritrdilne-tehnologije.html , datum ogleda: 10. 11. 2012).....	7
Slika 4: Spreminjanje velikosti sile pri raztezanju vijačne vzmeti (vir: avtorja).....	7
Slika 5: Sile pri enakomernem gibanju (vir: avtorja)	8
Slika 6: Sile pri enakomerno-pospešenem gibanju (vir: avtorja)	8
Slika 7: Določanje konstante vzmeti, elastike ter vzmeti in elastike skupaj	10
Slika 8: Uporaba gibljivih škripcev za pogon elastomobila	14
Slika 9:Velikosti sil ob uporabi gibljivih škripcev	14
Slika 10:Oznake sil in ročic pri pogonu elastomobila	15
Slika 11 Montaža ležajev (vir: avtorja)	15
Slika 12: Podvozje v obliki U-profila	16
Slika 13: Pritrjevanje nosil gredi	16
Slika 14: Kolesa elastomobila	16
Slika 15: Nameščanje koles	17
Slika 16: Načrt razporeditve škripcev na podvozju elastomobila	17
Slika 17: Elastomobil z nameščeno vzmetjo in škripci	17
Slika 18: Določanje sile trenja	18
Slika 19: Vožnja elastomobila v šolski telovadnici.....	18

POVZETEK

Elastomobili se uporabljajo predvsem za zabavo oz. tekmovanje elastomobilov, ki ga vsako leto prireja Hiša eksperimentov. Prav z namenom, da bi se čim bolje odrezala na tekmovanju, sva se odločila preučiti elastomobil ter v raziskovalni nalogi predstaviti njegove fizikalne lastnosti. Menila sva, da bi lahko pridobljeno fizikalno znanje koristno uporabila pri konstruiranju elastomobila.

Najprej sva preučila razpisne pogoje. Skicirala sva obliko elastomobila. Opravila sva osnovne izračune in skice pogona. Elastomobil sva izdelala in na testiranju ugotavljala lastnosti, kot so: sila trenja, pospešek, vlečna sila itd. Podatke in izračune sva prikazala v tabelah in ponazorila z grafi. Na osnovi analiz sva predlagala izboljšave.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujema mentorju za nesebično pomoč in usmerjanje pri raziskovalni nalogi. Brez njegove pomoči si poteka raziskovalne naloge sploh nebi mogla predstavljati.

UVOD

Hiša eksperimentov v Ljubljani vsako leto razpisuje tekmovanje elastomobilov. To so vozila, ki jih konstruirajo in izdelajo učenci zadnje triade OŠ. Prejšnje modele sta vozilo poganjali dve elastiki v letošnjem razpisu pa je precej novosti. Vozilo poganjata le ena elastika in predpisana vijačna vzmet, ki pa ju tekmovalci ne smejo preoblikovati z rezanjem. Razpis se nama je zdel dovolj velik izziv, da v okviru raziskovalne naloge s pridobljenim fizikalnim znanjem preučiva in ugotoviva kako sestaviti elastomobil, ki bi vozil čim dlje.

Metodologija dela

Najprej sva podrobno preučila razpis in kriterije za gradnjo elastomobila. Hiša eksperimentov nam je dostavila predpisani elastiko in vzmet. S pomočjo strokovne literature in ob dodatni razlagi mentorja, sva osvežila in dopolnila fizikalna znanja. Nato sva izdelala elastomobil. Pri konstruiranju sva upoštevala omejitve iz razpisa in fizikalne zakonitosti, za katere sva menila, da so ključne, npr. čim manjša masa. Opravila sva osnovne meritve in izračune ter na podlagi le teh izvedla konstrukcijo pogonskega dela elastomobila. Vožnjo elastomobila sva testirala v šolski telovadnici in na hodnikih šole. Rezultate meritev sva analizirala in predlagala nekatere izboljšave.

Hipoteze:

1. Z uporabo fizikalnega znanja bova konstruirala zanesljiv pogon elastomobila z vzmetjo in elastiko.
2. Elastomobil bo prevozil najmanj 100 m.
3. Na osnovi izkušenj, pridobljenih pri izdelavi prvega modela, bova lahko predlagala izboljšave, ki bodo utemeljene na fizikalnih zakonitostih

3 FIZIKALNE OSNOVE IN DOPOLNITEV ZNANJA

3.1 Sile

Sile izvirajo v telesih in jih po njih tudi poimenujemo (npr. sila roke). Povzročijo spremembe pri gibanju teles (začetek gibanja – pospeševanje, spreminjanje smeri, ustavljanje) ali (in) spremembe oblik teles (npr. raztezanje elastike, razbitje kozarca itd.).

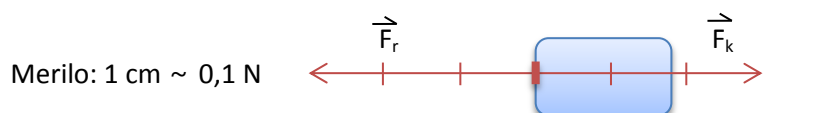
Sile označimo s črko F , enota za silo pa je N (newton – njutn). 1 N je sila, ki povzroči, da se telo z maso 1 kg giblje s pospeškom 1 m/s^2 .

Za merjenje sil so najprimernejša prožna telesa, npr. elastika ali vijačna vzmet. Ta telesa po delovanju sil prevzamejo prvotno obliko. To velja le, če niso sile za izbrano prožno telo prevelike, sicer pride do trajne spremembe oblike – telo se trajno deformira.



Slika 1: Dinamometer (vir: <http://www.mcpsh.com/Dinamometers.html>, datum ogleda: 9. 11. 2012 in avtorja)

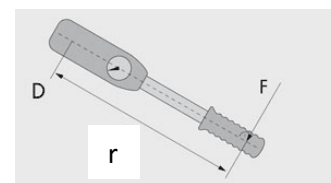
Sile grafično ponazorimo z vektorji sil. Zanje je značilno prijemališče (začetek), smer (usmerjenost) in velikost. V ustreznem merilu narišemo daljico, smer delovanja sile pa označimo s puščico.



Slika 2: Grafično ponazarjanje sil (vir: avtorja)

3.2 Navor ali vrtilni moment

Navor je vektorska količina, ki jo izračunamo kot vektorski produkt med ročico r (krajevni vektor od središča gredi do prijemališča sile) in silo F (ali njeno komponento), ki poteka pravokotno na ročico.



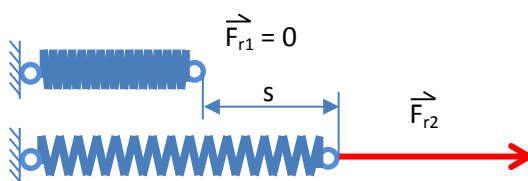
Slika 3: Moment-ključ (vir: <http://mungo.ch/sl/leksikon-pritrdilne-tehnologije.html>, datum ogleda: 10. 11. 2012)

Navor označimo z veliko črko M , merimo pa ga v Nm, kar pa v tem primeru ni enako J (joule).

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot \vec{r}$$

3.3 Prožnostna energija

Prožnostno energijo imajo vsa napeta prožna telesa (npr. napeta elastika, napeta vijačna vzmet itd.) Telesu se spremeni prožnostna energija za toliko, koliko dela vložimo med napenjanjem prožnega telesa.



Slika 4: Spreminjanje velikosti sile pri raztezanju vijačne vzmeti (vir: avtorja)

Ko je vzmet neobremenjena, ima vlečna sila F_{r1} vrednost 0, ob obremenjevanju pa sila ves čas narašča do neke vrednosti, npr. F_{r2} . Vloženo delo lahko izračunamo kot produkt povprečne velikosti sile (F) in raztezka (s).

$$A = \bar{F} \cdot s$$

Sprememba prožnostne energije je enaka prejetemu delu. Napeto prožno telo lahko opravi le toliko dela, kot ga je prejelo ob napečenju – spreminjanju prožnostne energije.

$$\Delta W_{pr} = A$$

Hookov zakon: raztezek prožnega telesa je premo sorazmeren z velikostjo sile (2x, 3x večja sila povzroči 2x, 3x večji raztezek). Če prožno telo obremenimo preveč, ga lahko trajno deformiramo (npr. vijačna vzmet ostane trajno delno raztegnjena).

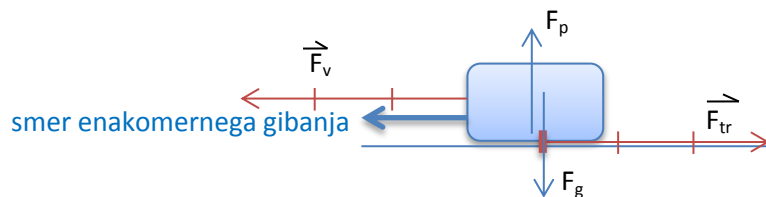
$$F = k \cdot \Delta l$$

3.4 Enakomerno in pospešeno gibanje

3.4.1 Enakomerno gibanje

Telo se giblje enakomerno in premočrtno (ali pa miruje), če je vsota sil nanj enaka 0 (1. Newtonov zakon). Pri gibanju predmeta to običajno pomeni, da je sila trenja (in upora) nasprotno enaka sili, ki povzroča gibanje.

$$F_v = -F_{tr}$$



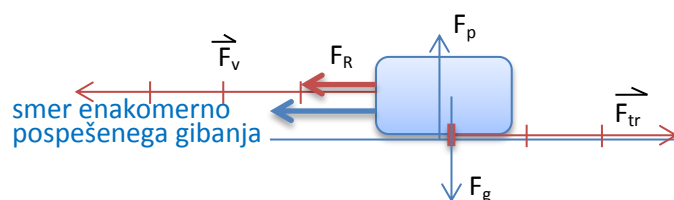
Slika 5: Sile pri enakomernem gibanju (vir: avtorja)

3.4.2 Enakomerno pospešeno gibanje

Telo se giblje enakomerno pospešeno, če nanj deluje ves čas enako velika rezultanta sil, ki ni enaka 0. Smer gibanja telesa je enaka smeri delovanja rezultante sil. Pospešek je premo sorazmeren z rezultanto sil na telo in obratno sorazmeren z maso telesa (II. Newtonov zakon).

$$a = \frac{F_R}{m}$$

Iz enačbe 2 sledi, da ob dani rezultanti sil dosežemo toliko krat večji pospešek, koliko krat manjšo maso ima gibajoče se telo.



Slika 6: Sile pri enakomerno-pospešenem gibanju (vir: avtorja)

4 KONSTRUIRANJE IN TESTIRANJE DELOVANJA ELASTOMOBILA

4.1 Omejitve, podane z razpisom:

4.1.1 Pogon

- natezna vijačna vzmet:
 - koeficient = 0,18 N/mm,
 - zunanji premer vzmeti = 15 mm,
 - debelina žice = 1,5 mm,
 - dolžina neobremenjene vzmeti (približna) = 20 cm.
 - dovoljena dolžina raztezka je 25 cm
 - obe montažni ušesi sta krogca (3/4 kroga) in sta zapognjena na sredini vzmeti.

Dimenzije in koeficient vzmeti lahko rahlo odstopajo od navedenih podatkov.

- elastika predpisane oblike z neznanimi karakteristikami

4.1.2 Oblikovne omejitve elastomobila:

- največja dolžina elastomobila: 2000 mm,
- največja širina: 600 mm,
- največji dovoljen premer koles: 400 mm

4.1.3 Tovor

Elastomobil mora vso pot prevažati tovor z maso 0,5 kg kar ustreza (približno) masi pol litrske plastenke, napolnjene z vodo.

4.1.4 Ohranjanje smeri vožnje

Proga za tekmovanje je omejena na širino dveh atletskih stez. Če elastomobil krene izven predpisanega območja, se mu šteje prevožena dolžina do tega mesta.

4.2 Določanje karakteristik vzmeti in elastike

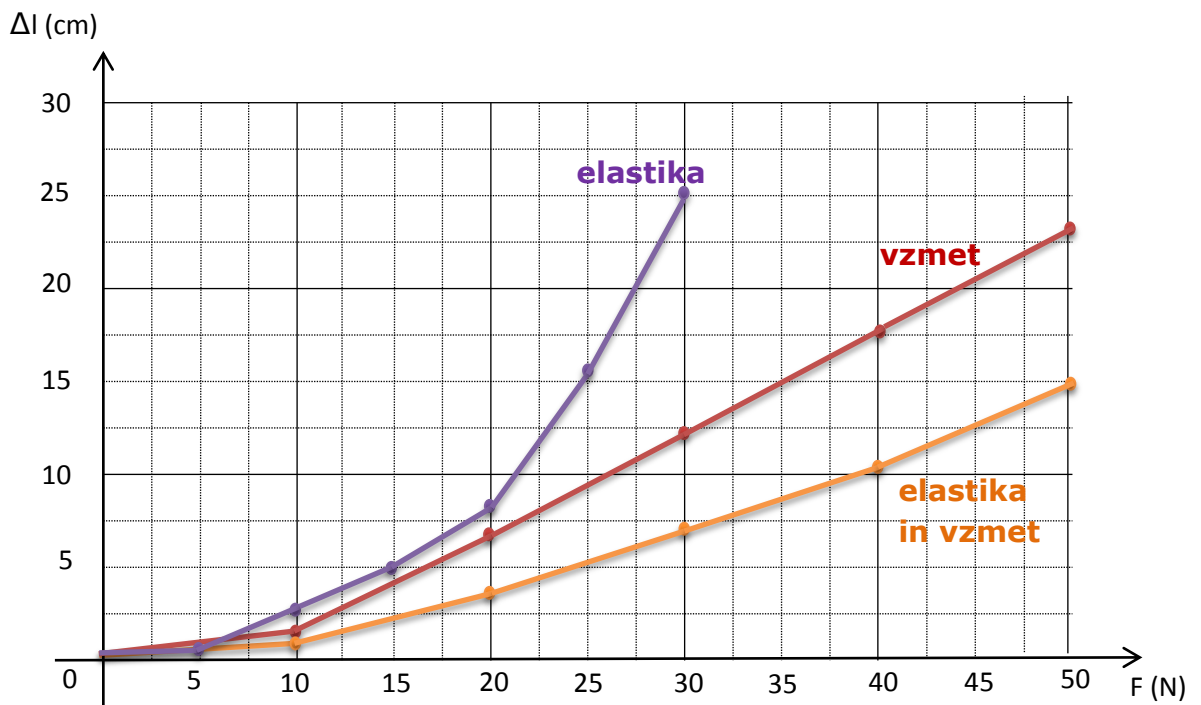
Med dve mizi sva namestila jekleno palico. Nanjo sva obesila vzmet ali elastiko. Izmerila sva začetno dolžino vzmeti ali elastike. Nato sva ju obremenjevala z utežmi z znano težo. Merila sva raztezke vzmeti pri posameznih obremenitvah ter jih prikazala v tabeli (tabela 1).



Slika 7: Določanje konstante vzmeti, elastike ter vzmeti in elastike skupaj

Tabela 1: Obremenitve in raztezki vzmeti, elastike ter vzmeti in elastike skupaj

F (N)	VZMET		ELASTIKA		VZMET IN ELASTIKA	
	l_v (cm)	Δl_v (cm)	l_e (cm)	Δl_e (cm)	l_{ve} (cm)	Δl_{ve} (cm)
0	17	0	16	0	17,0	0
5	/	/	16,6	0,6	/	/
10	18,2	1,2	18,4	1,8	18,0	1,0
15	/	/	20,4	2	/	/
20	23,6	5,4	24,1	3,7	20,0	3,0
25	/	/	31,5	7,4	/	/
30	28,8	5,2	40,6	9,9	23,5	3,5
40	34,3	5,5	/	/	27,0	3,5
50	39,8	5,5	/	/	31,0	4,0



Graf 1: Graf raztezka v odvisnosti od sile za elastiko, vzmet ter elastiko in vzmet skupaj (vir: avtorja)

Iz grafa je razvidno, da je pri elastiki raztezek premo sorazmeren s silo le ob obremenitvah od 5 N do 20 N, pred in po teh obremenitvah pa Hookov zakon ne velja. Pri vzmeti Hookov zakon ne velja le pri manjših obremenitvah, pri ostalih do 50 N pa velja. Podobno velja za kombinacijo vzmeti in elastike skupaj.

Izračun konstante vzmeti, elastike ter vzmeti in elastike skupaj:

$$k_v = \frac{F}{\Delta l} = \frac{50 \text{ N}}{228 \text{ mm}} = 0.22 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$k_e = \frac{F}{\Delta l} = \frac{30 \text{ N}}{246 \text{ mm}} = 0.12 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$k_{ve} = \frac{F}{\Delta l} = \frac{50 \text{ N}}{137 \text{ mm}} = 0.365 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Ob primerjavi seštevka konstant vzmeti in elastike in skupne konstante vzmeti in elastike je opazna velika skladnost. Vzmet in elastiko lahko uporabimo za pogon skupaj, saj imata oba približno enako začetno dolžino, prav tako pa imata približno enak največji dovoljen raztezek.

4.3 Izračuni in značilnosti pogona

Eden od ciljev v raziskovalni nalogi je bil, da bo elastomobil prevozil pot dolgo vsaj 100 m. Zato sva se odločila, da bova izdelala kolesa z največjim dovoljenim premerom, to je 40 cm. Za gred in os koles sva izbrala aluminijasto palico s premerom 5 mm, saj je imela dovolj veliko upogibno trdnost.

4.3.1 Pot in število vrtljajev kolesa

Izračun obsega kolesa

$$d = 0,4 \text{ m}$$

$$\pi = 3,14$$

$$o = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,4 \text{ m} = 1,25 \text{ m}$$

Ob enem vrtljaju bi elastomobil prevozil 1,25 m dolgo pot. Če želiva ugotoviti, koliko vrtljajev bi moralo kolo opraviti, da bi elastomobil prevozil 100 m, morava deliti želeno razdaljo s potjo opravljeno ob enem vrtljaju.

$$s = 100 \text{ m}$$

$$s_1 = 1,25 \text{ m}$$

$$n = \frac{s}{s_1} = \frac{100 \text{ m}}{1,25 \text{ m}} = 80$$

Če ima elastomobil premer pogonskega kolesa 40 cm in želi prevoziti 100 m, se mora kolo zavrteti 80 krat.

4.3.2 Raztezek vzmeti in število vrtljajev pogonske gredi

Izračun obsega gredi

$$d_1 = 0,5 \text{ cm}$$

$$\pi = 3,14$$

$$o_1 = \pi \cdot d_1 = 3,14 \cdot 0,5 \text{ cm} = 1,57 \text{ cm}$$

Maksimalni raztezek vzmeti:

$$\Delta l = 25 \text{ cm}$$

$$o_1 = 1,57 \text{ cm}$$

$$n_1 = \frac{\Delta l}{o_1} = \frac{25 \text{ cm}}{1,57 \text{ cm}} = 15,9$$

Maksimalna prevožena pot:

$$n_1 = 16$$

$$s_1 = 1,25 \text{ m}$$

$$s_v = s_1 \cdot n_1 = 1,25 \text{ m} \cdot 16 = 20 \text{ m}$$

Če bi na pogonsko gred navila le toliko vrvi kot jo omogoča raztezek vzmeti, bi lahko dosegla le 16 vrtljajev pogonskih koles, kar bi pomenilo le nekaj nad 20 m prevožene poti (zaradi vztrajnosti).

Upogibna obremenitev gredi:

$$k_v = 0,22 \frac{N}{mm}$$

$$\Delta l = 25 \text{ cm} = 250 \text{ mm}$$

$$F = k_v \cdot \Delta l = 0,22 \frac{N}{mm} \cdot 250 \text{ mm} = 55 \text{ N}$$

Direktna obremenitev na gred s silo 55 N ob maksimalnem raztezk vzmeti bi povzročila preveliko upogibanje gredi. V tem primeru bi morala povečati premer gredi, kar bi še zmanjšalo število vrtljajev ob pogonu.

4.3.3 Uporaba škripčevja pri pogonu elastomobila

Za uporabo škripčevja sva se odločila, ker z gibljivim škripcem dosežemo 2x manjšo silo ob 2x daljši poti.

Izračun dolžine vrvi na pogonski gredi za dosego 80 vrtljajev:

$$n = 80$$

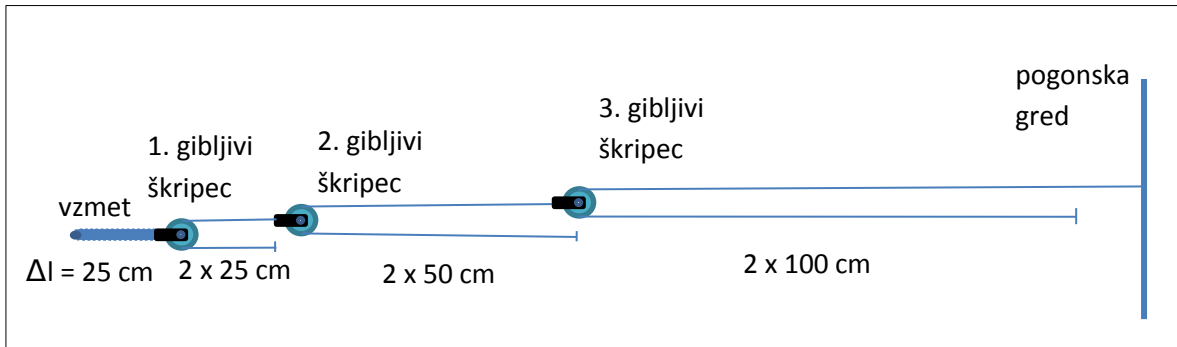
$$o_1 = 1,57 \text{ cm}$$

$$l = n \cdot o_1 = 80 \cdot 1,57 \text{ cm} = 125,6 \text{ cm}$$

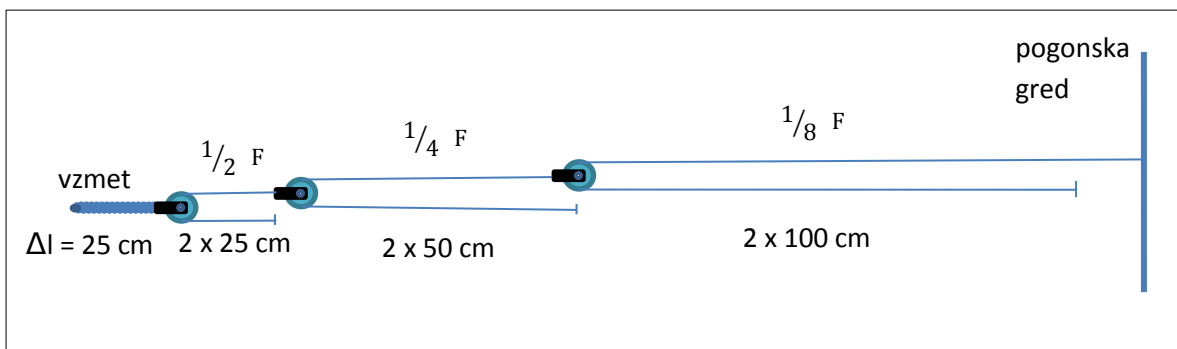
Za 80 vrtljajev pogonske gredi bi potrebovali približno 130 cm dolgo vlečno vrvico.

Uporaba škripčevja:

Za doseg cilja sva se odločila uporabiti več medsebojno povezanih gibljivih škripcev (slika 8).



Slika 8: Uporaba gibljivih škripcev za pogon elastomobila



Slika 9: Velikosti sil ob uporabi gibljivih škripcev

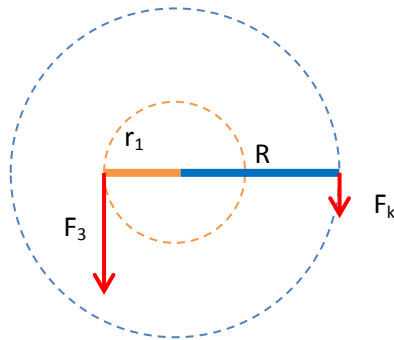
$$F_{max} = 55 \text{ N}$$

$$F_3 = \frac{1}{8} \cdot F_{max} = \frac{1}{8} \cdot 55 \text{ N} = 6,9 \text{ N}$$

Za doseg ustrezne dolžine pogonske vrvi sva uporabila 3 gibljive škripce. Pri zadnjem lahko doseževa 200 cm dolžine pogonske vrvi, kar je več kot je potrebujeva za 80 ovojev okrog pogonske gredi. Z uporabo gibljivih škripcev se tudi sila zmanjšuje - vsakič za 2-krat. Tako sva dosegla v vrvi tretjega škripca 1/8 največje sile vzmeti, kar približno znaša 6,9 N.

4.3.4 Pogonska sila na kolesih

Z enačbami za računanje navora sva izračunala velikost pogonske sile na kolesih. Če želimo, da bi se elastomobil gibal v smeri sile, mora biti ta sila nekoliko večja od sile trenja.



Slika 10: Oznake sil in ročic pri pogonu elastomobila



Slika 11 Montaža ležajev (vir: avtorja)

Navor gredi in navor kolesa sta nasprotno enaka. Z uporabo enačbe lahko izračunamo silo na kolesih, ki mora biti nekoliko večja od trenja.

$$F_3 \cdot r_1 = R \cdot F_k$$

$$F_k = \frac{F_3 \cdot r_1}{R} = \frac{6,9 \text{ N} \cdot 2,5 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 0,086 \text{ N}$$

4.4 Izdelava elastomobila

Elastomobil mora biti čim lažji (pospešek je obratno sorazmeren z maso), vendar zgrajen dovolj trdno, da lahko prenaša obremenitve sil (pogonske vzmeti in teža bremena).

Za izdelavo vozila sva izbrala topolovo vezano ploščo debeline 4 mm. Ta vezana plošča ima razmeroma majhno gostoto, a dovolj veliko trdnost.

Ker je potrebno elastomobil prenašati (prevažati), sva se odločila za dolžino podvozja 1 m, čeprav je dovoljena največja dolžina 2 m. Širino podvozja sva izbrala 0,25 m. Pravokotno na to vezano ploščo sva vzdolžno prilepila na vsaki strani trak širine 4 cm. Tako sva dobila U-profil, ki je imel primerno togost (slika 12).



Slika 12: Podvozje v obliki U-profila

Trenje ima pri gibanju ključno vlogo. Da bi ga čim bolj zmanjšala, sva se odločila, da namestiva na sprednjo os in pogonsko gred majhne kroglične ležaje. Ohišja ležajev sva izdelala iz 6 mm debele topolove vezane plošče.



Slika 13: Pritrjevanje nosil gredi

Tudi kolesa sva izdelala iz 4 mm debele topolove vezane plošče. Da bi zmanjšala maso, sva na vsakem kolesu izrezala štiri območja.



Slika 14: Kolesa elastomobila

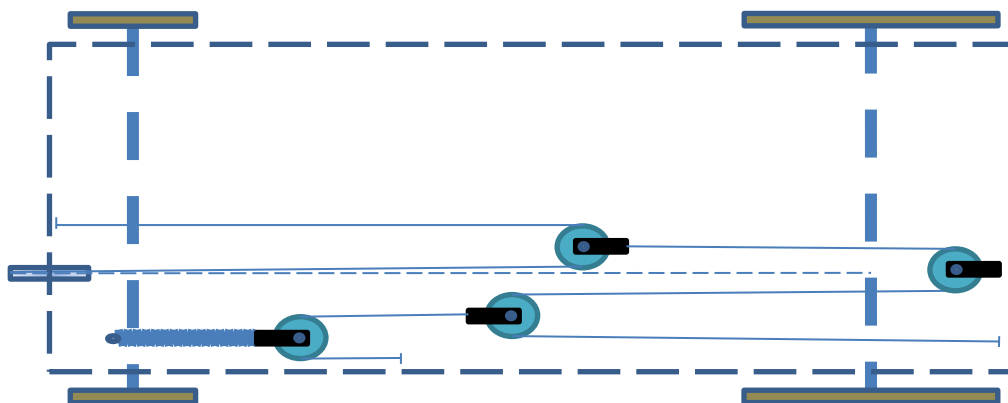
Na os in gred sva namestila kolesa. Za pritrjevanje sva uporabila posebne prirobnice.



Slika 15: Nameščanje koles

Sledilo je nameščanje vzmeti in škripcev. Za nameščanje v eni vrsti, bi potrebovala podvozje, dolgo blizu 2 metra. Zato sva za spreminjanje smeri vlečne vrvice uporabila dva pritrjena škripca.

Drugi konec vrvice, ki je bila speljana preko tretjega gibljivega škripca, sva pritrčila na gred pogonskih koles elastomobila. Tako je bil elastomobil pripravljen za testne vožnje.



Slika 16: Načrt razporeditve škripcev na podvozju elastomobila



Slika 17: Elastomobil z nameščeno vzmetjo in škripci

4.5 Merjenje sile trenja in primerjava z izračunano velikostjo vlečne sile

Po fizikalnih zakonih se telo giblje, če je vsota vseh sil na telo enaka 0. To sva upoštevala pri določanju velikosti sile trenja, ki sva jo po velikosti poskušala izenačiti z velikostjo vlečne sile. Elastomobil sva postavila na mizo in nanj pritrčila vrstico, ki sva jo speljala preko pritrjenega škripca. Na drugi konec vrvice sva obešala majhne uteži ter tako poskušala spraviti elastomobil v gibanje. Pri vlečni sili teže uteži z maso 5 gramov, se elastomobil ni premaknil. Ko sva jo zamenjala za 10 gramsko, se je začel gibati. Opazila sva da se mu hitrost ves čas gibanja povečuje. Za enakomerno gibanje bi potrebovala nekoliko manjšo vlečno silo. Ker se je elastomobil gibal rahlo pospešeno, je velikost sile trenja med 0,05 N in 0,08 N, kar se dokaj dobro sklada z izračunano vrednostjo.



Slika 18: Določanje sile trenja

4.6 Vožnja elastomobila

Vožnjo elastomobil sva preizkušala v šolski telovadnici in na hodnikih šole. Merila sva poti in čase vožnje. Iz teh podatkov sva izračunala pospešek vozila. Rezultate sva prikazala v preglednici (tabela 2).



Slika 19: Vožnja elastomobila v šolski telovadnici

Tabela 2: Spreminjanje hitrosti in pospeška pri vožnji elastomobila v šolski telovadnici (vir: avtorja)

s (m)	t (s)	$\bar{v} \left(\frac{m}{s}\right)$	$v_k \left(\frac{m}{s}\right)$	$a \left(\frac{m}{s^2}\right)$
0	0	0	0	0
5	19,74	0,25	0,50	0,025
10	31,52	0,32	0,64	0,020
15	40,84	0,37	0,74	0,018
20	48,90	0,41	0,82	0,017
25	56,71	0,44	0,88	0,016

Postopek računanja:

$$t = 19,74 \text{ s}$$

$$s = 5 \text{ m}$$

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{5 \text{ m}}{19,74 \text{ s}} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$v_k = 2 \cdot \bar{v} = 2 \cdot 0,25 \text{ m/s} = 0,5 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{v_k}{t} = \frac{0,5 \text{ m/s}}{19,74 \text{ s}} = 0,025 \text{ m/s}^2$$

Hitrost elastomobila sva spremljala pri vožnji 25 m dolge poti (dolžina telovadnice). Ker je ves čas gibanja delovala rezultanta sil v smeri gibanja, ki je bila večja od 0, se je elastomobil gibal pospešeno. Velikost pospeška se je zmanjševala sorazmerno z zmanjševanjem sile, ki jo je povzročala prožnostna energija vzmeti.

Elastomobil je bilo potrebno zaradi omejene dolžine telovadnice večkrat ustaviti in obrniti. Zato je bila skupna prevožena pot nekaj nad 80 m. Prepričana sva, da bi sicer prevozil večjo razdaljo.

4.7 Razprava in predlagane izboljšave

Ob načrtovanju elastomobila sva predvidela uporabo dodatne sile elastike le v fazi speljevanja. Ob meritvah konstante vzmeti in elastike ter primerjavi raztezkov (tabela 1, graf 1) pa sva se odločila za istočasno uporabo obeh hkrati ves čas vožnje. Ugotovila sva, da ima vzmet, ko je popolnoma napeta, dovolj prožnostne energije za speljevanje. Kritična točka pa nastane proti koncu vožnje, saj se vlečna sila ves čas vožnje zmanjšuje. Na elastiko sva namestila posebne kavljice in jo pritrdila vzporedno z vzmetjo. Merila sva dolžino prevožene poti in čase vožnje ter izračunala pospeške (tabela 3).

Tabela 3: Prikaz podatkov za gibanje elastomobila, ki ga poganjata vzmet in elastika skupaj (vir: avtorja)

s (m)	t (s)	$\bar{v} \left(\frac{m}{s}\right)$	$v_k \left(\frac{m}{s}\right)$	$a \left(\frac{m}{s^2}\right)$
0	0	0	0	0
5	18,70	0,27	0,54	0,029
10	28,73	0,35	0,70	0,024
15	38,52	0,39	0,78	0,020
20	46,89	0,43	0,86	0,018
25	55,33	0,45	0,90	0,016

Potrditev hipotez:

- Hipotezo da bova z uporabo fizikalnega znanja konstruirala zanesljiv pogon elastomobila z vzmetjo in elastiko sva potrdila. Elastomobil je samostojno speljal in bil sposoben prevažati predvideno breme (0,5 l plastenko vode).
- Drugo hipotezo, da bo elastomobil prevozil najmanj 100 m, sva prav tako potrdila. Dolžino prevožene poti sva opazovala v šolski telovadnici. Kljub temu, da sva elastomobil večkrat ustavila in obrnila na koncih telovadnice, je prevozil želeno razdaljo 100 m (prevozil je sicer 105 m).
- Tretjo hipotezo da bova na osnovi izkušenj, pridobljenih pri izdelavi prvega modela, lahko predlagala izboljšave, ki bodo utemeljene na fizikalnih zakonitostih pa sva tudi potrdila, saj sva ugotovila, da je bolje da elastiko pritrdiva kar na vzmet

in doseževa večjo silo skozi celoten pogonski del vožnje, kakor da bi elastiko uporabila le na začetku za speljevanje.

5 ZAKLJUČEK

Ugotovila sva, da je poznavanje fizikalnih zakonitosti zelo pomembno pri reševanju tehničnih problemov. V tem primeru sva uporabila škripce, s katerimi sva dosegla manjšo silo na račun daljše poti.

Potrdila sva hipoteze, ki sva jih postavila ob začetku naloge. Z meritvami ob preizkušanju vožnje elastomobila sva potrdila pravilnost fizikalnih izračunov.

6 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Najina raziskovalna naloga bistveno ne vpliva na družbeno odgovornost do narave in do družbenih skupin. Nekoliko večjo vlogo pa ima do odgovornosti do posameznikov npr. do zadane naloge in drug do drugega kot učenca ki, sodelujeva pri raziskovalni nalogi. Morava biti odgovorna in sicer morava biti resna, zanesljiva ter predvsem morava biti sposobna zaupati drug drugemu, seveda če sva zaupanje drug do drugega vredna. Če hočeva izpeljati zastavljen cilj kar je v najinem primeru raziskovalna naloga morava biti prizadevna, skrbna ter vztrajna.

PRILOGE

Priloga 1: TEKMOVANJE ELASTOMOBILOV - PRAVILNIK IN DOLOČILA TEKMOVANJA

TEKMOVANJE ELASTOMOBILOV – PRAVILNIK IN DOLOČILA TEKMOVANJA

1. OSNOVNO VODILO

Zasnajte, izdelajte in preizkusite vozilo, ki ga poganjata le predpisani elastika in vzmet. Vozilo naj bo zasnovano tako, da bo prepeljalo predpisano breme čim dlje po progi, ki ima določeno širino.

2. POGOJI TEKMOVANJA

- a. Tekmujejo lahko le skupine, ki so se prijavile na tekmovanje do roka, ki ga postavi Hiša eksperimentov.
- b. Vsaka šola lahko na tekmovanje prijavi največ dve skupini (skupine prijavi mentor, ki je zaposlen na šoli). Če se na šoli oblikuje več skupin, se te pomerijo med seboj na šolskem tekmovanju, najboljši dve ekipi pa se udeležita tekmovanja, ki ga priredi Hiša eksperimentov.
- c. Skupina, ki izdelava svoj elastomobil, šteje najmanj dva in največ tri posameznike - učence in učenke prijavljene osnovne šole.
- č. Vsaka skupina oblikuje in izdelava vozilo na kolesih, ki ga lahko poganjata le predpisani elastika in vzmet (skupine dobijo vzorce elastič in vzmeti po prijavi). Vozilo mora prepeljati predpisano breme čim dlje (podatke o vrsti podlage tekmovalci dobijo ob prijavi). Med vožnjo mora vozilo ostati znotraj vzporednih meja tekmovalne proge s širino dveh standardnih atletskih prog (približno 2,4 m). Hitrost vozila ni ocenjevalni kriterij.
- d. Vsako vozilo mora biti vsaj en teden pred tekmovanjem predstavljeno organizatorju (Hiša eksperimentov), ki potrdi njegovo ustreznost.
- e. Skupina sme tekmovati z istim elastomobilom na največ dveh zaporednih državnih tekmovanjih. V tem primeru morajo skupino na obeh tekmovanjih zastopati isti tekmovalci.

3. KONSTRUKCIJSKA DOLOČILA

- a. Velikost vozila je omejena. Širina vozila sme biti največ 60 cm, dolžina pa največ 2 metra. Premer posameznega kolesa je lahko največ 40 cm.
- b. Uporaba komercialno izdelanih vozil ni dovoljena. Za posamezne dele vozila je dovoljena uporaba komercialno izdelanih komponent (npr. kolesa), kar pa škodi vtisu o domiselnosti oblikovanja. Pod komercialno izdelane komponente štejemo vse, kar imajo možnost dobiti (kupiti) vsi tekmovalci.
- c. Elastomobili naj bodo izdelani z uporabo ročnega in / ali hobi orodja. PRIMER: Kolesa ne smete izrezati na primer z laserskim razrezom ali s cnc rezkarjem. Lahko ga izrežete z ročnim orodjem ali z električno modelarsko žago, ali pa uporabite na primer prirejeno pokrovko za posodo.
- č. Vozilo mora ves čas vožnje peljati tudi določeno breme. Breme je pollitrska plastenka, napolnjena z vodo. Točna velikost in oblika plastenke bo znana najmanj dva meseca pred državnim tekmovanjem. Glede na mere komercialno dobavljivih plastenk so največje dimenzije omejene na kvader velikosti 23,5 cm x 6,6 cm x 6,6 cm.
- d. Predpisano breme med vožnjo ne sme pasti z vozila, vendar mora biti nameščeno na vozilu tako, da se ga da zlahka postaviti na vozilo ali vzeti z vozila. Zato je lahko varovano npr. z okvirjem, vodilom itd.
- e. Skupine dobijo breme, ko so poklicane na pripravo na štart, in ga po izpeljani vožnji vrnejo.

- f. Vozila morajo biti narejena in sestavljena v šolah, katere obiskujejo člani skupine. Vsa vozila morajo biti izgotovljena do datuma, ki ga najkasneje do 1. januarja 2013 postavi organizator. Ob določenem datumu bo ustreznost vozil zapisanim zahtevam po dogovoru pregledana s strani organizatorja (Hiša eksperimentov). Vozila, ki ne ustrezajo konstrukcijskim pogojem, ima organizator pravico izločiti s tekmovanja.

3. POGON ELASTOMOBILA

- a. Edini dovoljeni vir energije za pogon sta predpisani elastika in vzmet na razteg. Elastike in vzmet tekmovalci dobijo s strani organizatorja na tekmovanju (mentorji ob prijavi na tekmovanje dobijo 20 testnih elastik in 5 vzmeti, ki so namenjene testiranju med izdelavo elastomobilov. Uporaba teh elastik in vzmetina tekmovanju ni dovoljena).
- b. Vsaka skupina dobi 5 tekmovalnih elastik in eno vzmet ob registraciji na mestu tekmovanja (skupine smejo tekmovati le z elastikami in vzmetjo, ki jih dobijo pred tekmovanjem od organizatorja tekmovanja - v primeru poškodovanja vzmeti ima vsaka skupina pravico do ene nadomestne vzmeti, ki jo na zahtevo dobi pri organizatorju).
- c. Rezanje ali drugačno preoblikovanje elastik in vzmeti ni dovoljeno. Po opravljenih tekmovalnih vožnjah lahko organizator zahteva pregled elastik.
- č. Elastika in vzmet tudi ne smeta napenjati katerega drugega dela vozila (na primer vidno ukrivljati palice, na katero sta pripeti), saj bi bil v tem primeru pogonsko sredstvo tudi ta del.
- d. Uporaba smukca oziroma sredstva proti sprijemanju elastik je dovoljena. Skupine morajo uporabo teh sredstev prijaviti komisiji na tehničnem pregledu vozil.
- e. Elastika in vzmet morata ves čas ostati pritrjeni na vozilo. En konec elastike in/ali vzmeti lahko vozilo vleče za seboj.
- f. Vpliv na smer vožnje po štartu vozila ni dovoljen (daljinsko vodenje, namerno pihanje v smeri vozila...). Prav tako po štartu ni dovoljeno vplivanje na hitrost vozila s strani udeležencev tekmovanja ali katerekoli tretje osebe.
- g. Menjava elastike med posameznimi vožnjami ni nujna. Tekmovalci lahko pri vseh treh vožnjah uporabijo isto elastiko.
- h. Podatki o natezni vzmeti: koeficient = 0,18 N/mm, zunanji premer vzmeti = 15 mm, debelina žice = 1,5 mm, (približna) dolžina neobremenjene vzmeti = 20 cm. Dovoljena dolžina raztezka je 25 cm (najdaljša dolžina vzmeti v raztegnjenem stanju je tako 45 cm). Obe montažni ušesi sta krogca (3/4 kroga) in sta zapognjena na sredini vzmeti. Dimenzije in koeficient vzmeti lahko rahlo odstopajo od navedenih podatkov. Organizator poskrbi, da bodo odstopanja med tekmovalnimi vzmetmi in elastikami čim manjša.
- i. Vzmet je dovoljeno raztegniti le do določene dolžine (vsaka skupina bo ob registraciji na tekmovanju dobila tudi merilo predpisane dolžine, ki lahko služi kot pomoč pri nastavitvi dolžine vzmeti). Komisija pred štartom vsake skupine preveri dolžino raztegnjene vzmeti vzdolž stani vzmeti, kjer je raztezek najdaljši. V primeru, da je dolžina vzmeti daljša od predpisane, ima skupina na voljo 15 sekund za izvedbo popravka.

4. PRAVILA TEKMOVANJA

- a. Vsaka skupina ima na voljo najmanj dve vožnji. Najprej vse skupine ena za drugo opravijo prvo vožnjo. Ko vse skupine zaključijo s prvo vožnjo, na enak način opravijo tudi drugo in tretjo vožnjo. Pri tem se v tretjo vožnjo uvrsti le prvih dvajset skupin z najboljšim rezultatom po dveh vožnjah. Ko posamezna skupina opravi vožnjo v tekočem krogu, se vrne na svoje počivališče in tam počaka na naslednji krog voženj. V primeru okvare vozila sme skupina izkoristiti čas, ko je na počivališču, za servisiranje vozila.
- b. Skupina lahko pripravlja vozilo na štart v posamezni vožnji, dokler ni poklicana na štartni blok (skupina dobi predpisano število elastik in vzmet ob registraciji na mestu tekmovanja). Tam na elastomobil namesti predpisano breme. Ko skupina na štartnem bloku dobi dovoljenje komisije za spust elastomobila, mora izvesti štart znotraj časovne omejitve 30 sekund. V primeru, ko skupina prekorači določeni čas, je tekoča vožnja neveljavna.

- c. Če se skupini znotraj 30 sekund pred štartom ali pred tem elastomobil pokvari, lahko skupina enkrat na tekmovanju koristi popravljalni bonus. To pomeni, da lahko po odobritvi s strani komisije odide s starta v svoj boks, tam elastomobil popravi, in starta po končanih rednih vožnjah tekočega kroga. Če skupina elastomobila ne popravi do konca tekočega kroga, v tem krogu nima doseženega rezultata.
- č. Skupina sme svoje vozilo na štartu postaviti na katerikoli položaj vzdolž startne črte, omejene s širino tekmovalne proge.
- d. Vozilo mora biti izdelano tako, da spelje samo (torej brez potiskanja). O pravilnosti štarta presoja strokovna komisija. Tekmovalci lahko vozilo na začetku držijo in začnejo vožnjo enostavno tako, da vozilo spustijo ali npr. sprostijo štartni mehanizem.
- e. Kot vozilo se razume celoten izdelek, postavljen na štartu. Če katerikoli izmed delov vozila med vožnjo odpade, to vpliva na ocenjevanje prevožene razdalje v skladu z določili ocenjevanja doseženih rezultatov.
- f. Uporaba lastne štartne podlage ni dovoljena.
- g. Vsa vozila bodo pred tekmo pregledana s strani komisije.
- h. Skupina mora izpeljati vse tri vožnje z istim vozilom.
- i. Ob progi bo potekalo merjenje hitrosti in smeri vetra. Hitrost in smer vetra lahko po sklepu komisije vplivata na odbitek ali dodatek k izmerjenemu rezultatu. Lestvica odbitkov in dodatkov bo znana pred samim tekmovanjem.
- j. V primeru premočnega vetra ali drugih neugodnih vremenskih razmer se komisija lahko odloči za začasno zaustavitev tekmovanja do izboljšanja razmer na progi oziroma razveljavi serijo.

5. OCENJEVANJE DOSEŽENIH REZULTATOV

- a. Po vsaki vožnji bo s strani komisije določena prevožena razdalja, ki bo izmerjena:
 - 1. od startne črte do sprednjega konca vozila, ali
 - 2. do točke, kjer je vozilo zapeljalo s predpisanega voznega pasu, ali
 - 3. do točke, kjer je vozilo izgubilo breme ali katerikoli del vozila, ali
 - 4. do točke, kjer se je vozilo ustavilo in mirovalo več kot eno sekundo.
 Dolžina prevožene razdalje bo v primeru, ko velja trditev, zapisana pod točko »5.a.2«, ocenjena s strani komisije.
- b. Pri odločanju o dolžini prevožene razdalje ima zadnjo besedo strokovna komisija. Tudi sicer o pravilnosti ocenjevanja vseh doseženih rezultatov odloča izključno komisija na podlagi poročanj izbranih pomočnikov.
- c. V primeru, da vozilo prevozi celotno postavljeno progo, se kot rezultat upošteva dolžina celotne proge in ne prevožene razdalje.
- č. Končni in vmesni rezultat posameznega vozila je vsota doseženih razdalj že izvedenih veljavnih voženj.
- d. Zmagovalec je vozilo z največjo vsoto prevoženih razdalj po največ treh veljavno izvedenih vožnjah.
- e. V primeru, ko več vozil v vsaki izmed treh voženj prevozi celotno postavljeno tekmovalno progo, se ta vozila pomerijo še na progi s polovično predpisano širino (cca 1,2 m). Vsako izmed vozil ima v tem primeru na voljo eno vožnjo. Zmagovalec je vozilo z najdaljšo prevoženo razdaljo na tej progi.
- f. V primeru, ko dve vozili z najdaljšo prevoženo razdaljo dosežeta enak rezultat, bo zmagalo vozilo, ki bo bolj domiselno oblikovano. Domiselnost oblikovanja tekmovalnih vozil bo komisija ocenila pred tekmovanjem.
- g. Podeljena bo tudi nagrada za elastomobil po izboru tekmovalcev. Vsaka skupina najkasneje do začetka tretje vožnje odda glasovnico, na katero napiše imeni dveh skupin (in njuni tekmovalni številki) katerima podeljuje svoja glasova (Tekmovalci smejo glasovati le za skupine iz drugih šol). Nagrado prejme skupina z največ doseženimi glasovi.

6. PODELITEV PRIZNANJ

- a. Učencem in učenkam, ki sodelujejo v skupinah, ki zasedejo prvih deset mest na Tekmovanju elastomobilov, se podeli priznanje za doseženo mesto.
- b. Učencem in učenkam, katerih skupina dobi nagrado za najbolj domiselno izdelan elastomobil, se podeli priznanje za domisljeno izdelan elastomobil.
- c. Učencem in učenkam, katerih skupina dobi nagrado po izboru tekmovalcev, se podeli priznanje za elastomobil po izboru tekmovalcev.
- č. Udeležencem ostalih skupin se podeli priznanje za sodelovanje na prireditvi Tekmovanje elastomobilov.
- d. Mentorjem, katerih tekmovalci zasedejo prva tri mesta, oziroma dobijo nagrado za domiselno izdelan elastomobil, se podelijo priznanja za mentorstvo skupinam z najboljšimi dosežki na Tekmovanju elastomobilov.
- e. Ostalim mentorjem se podelijo zahvale za mentorstvo skupinam, ki so sodelovale na Tekmovanju elastomobilov.

7. INFORMACIJE

Ustanova Hiša eksperimentov
Trubarjeva 39, 1000 Ljubljana
tel.: 01 300-6888
web: www.he.si/elastomobili
e-mail: elastomobili@he.si

VIRI IN LITERATURA

1. Kvaternik – Štalec – Žabkar, Fizika za sedmi razred osnovnih šol. Celje 1971, založila Državna založba Slovenije.
2. Skuhala, Priročnik za kovinarje. Ljubljana 1972, založila Državna založba Slovenije.
3. Beznec, Cedilnik, Černilec, Gulič, Lorger, Vončina, Moja prva fizika 1. Ljubljana 2004, Modrijan založba, d.o.o.
4. Beznec, Cedilnik, Černilec, Gulič, Lorger, Vončina, Moja prva fizika 2. Ljubljana 2005, Modrijan založba, d.o.o.