

СИЛОМ ТРЕЊА ДО БЕЗБЕДНОГ СПУСТА

SAFE DESCENT USING THE FORCE OF FRICTION

Аутори:

ЈАНА СТОШИЋ

*7. разред, ОШ „Исидора Секулић“, Панчево, Регионални центар за таленте
„Михајло Пупин“, Панчево*

и

ТЕОДОРА БУБАЛО

*7.разред, ОШ „Свети Сава“, Панчево, Регионални центар за таленте „Михајло
Пупин“, Панчево*

Ментор:

ВЕРА СТАНОЕВСКИ

*проф. физике ОШ „Васа Живковић“ Панчево, Регионални центар за таленте
„Михајло Пупин“, Панчево*

РЕЗИМЕ: Сила трења тежи да успори или заустави физичко тело које се креће по одређеној подлози. Зависи од врсте материјала и начина обраде материјала од којих су сачињене додирне површине тела и подлоге по којој се тело креће. У овом раду испитивале смо утицај силе трења на брзину кретања детета током спуштања низ тобоган. Закључиле смо да се брзина кретања детета мењала у зависности од врсте материјала одеће што у многоструко показује да правилан избор одеће смањује брзину и повећава безбедност деце на игралишту.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: сила трења, брзина, физичко тело, материјали.

ABSTRACT: The force of friction tends to slow down or stop a physical body moving on a certain surface. It depends on the type of material and the method of processing the materials that make up the contact surfaces of the body and the surface on which the body moves. In this paper, we examined the influence of friction force on the speed of movement of a child during the descent down a children's slide. We concluded that the child's movement speed changed depending on the type of clothing material, which in many ways, shows that the correct choice of clothing reduces the speed and increases the safety of children on the playground.

KEYWORDS: friction force, speed, physical body, materials.

УВОД

Сила трења је уз гравитациону силу присутна у готово свим физичким појавама. Њено се дејство не може поништити већ само занемарити у одређеним случајевима.

У одређеним појавама она је корисна тако да је чак и повећана, док код других, њено присуство одузима енергију и подстиче хабање материјала те је смањујемо најчешће подмазивањем.

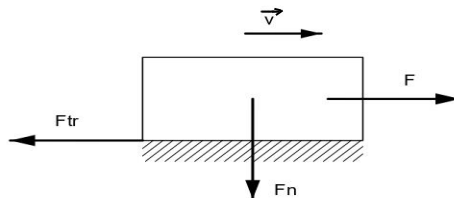
Утицај силе трења на кретање је пресудан. Од самог старта, где нема ни покретања без силе трења, преко сигурног кретања где она регулише брзину, до кочења где је њен утицај пресудан.

Нас је заинтересовала улога силе трења при спусту низ тобоган, где она поред компонентне силе теже, тј. нагиба стрме равни, регулише брзину спуста, а самим тим и безбедност детета. Коришћењем различитих материјала одеће испитујемо вредности коефицијента трења који непосредно утиче на вредност силе трења а тиме и на брзину спуста.

Сила трења

Сила трења се јавља на додирној површини два тела због неравнина које на њима постоје. Како је сва природа честична, а технолошки поступци обраде материјала несавршени, трење је увек и свуда присутно.

Сила трења зависи од врсте материјала и начина обраде што описује величина коефицијент трења (μ) и нормалне компоненте тежине која делује на подлогу (F_n).



Сл. 1. Сила трења

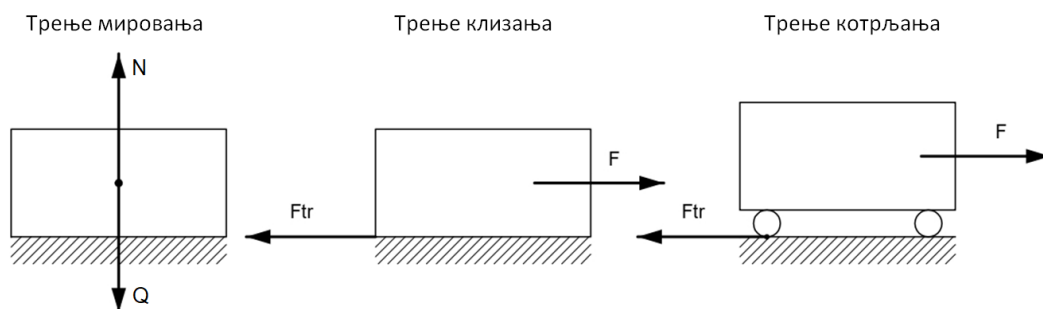
$$F_{tr} = \mu F_n \quad (1.0)$$

Сила трења је увек усмерена у супротном смеру од смера кретања тела. Из тог разлога успорава тело и омета га у кретању. Интересантно је да се сила трења не јавља само при кретању тела по подлози, већ и кроз средину кроз коју се креће, што зовемо отпором средине.

Врсте трења

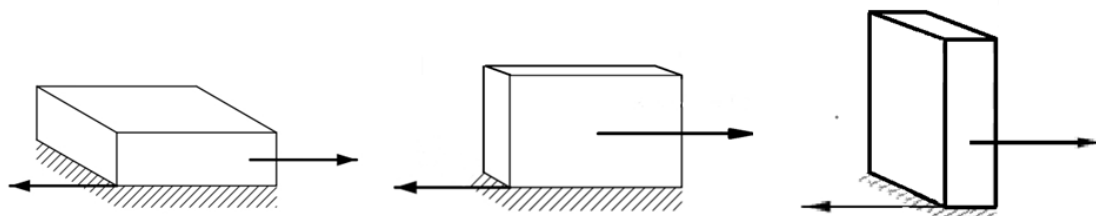
Постоје три врсте трења :

1. трење мировања
2. трење клизања
3. трење котрљања



Сл. 2. Врсте трења

Највећу вредност за исто тело има трење мировања, а најмању трење котрљања. Оно што је интересно за силу трења клизања је што њен интензитет не зависи од величине додирне површине тела и подлоге.



Сл. 3. Величина додирне површине између тела и подлоге нема утицај на силу трења клизања

СПИСАК СКРАЋЕНИЦА И СИМБОЛА ФИЗИЧКИХ ВЕЛИЧИНА

Приликом анализе и обраде података коришћене су следеће физичке величине и јединице из SI система као и скраћенице:

- a (m/s^2) – убрзање
- F_n (N) – нормална компонента тежине
- F_p (N) – паралелна компонента тежине
- F_{tr} (N) – сила трења
- g (m/s^2) – гравитационо убрзање
- l (m) – дужина тобогана
- m (kg) – маса тела
- Q (N) – тежина тела
- t (s) – време
- V (m/s) – брзина
- μ – коефицијент трења
- t_{sr} (s) – средња вредност времена

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Тобоган је омиљена справа за игру већини деце. Принцип је стрма раван, од пластике или метала благо заобљених ивица које чине неку врсту жљеба, по којој дете сопственом тежином изазива убрзано кретање дужином тобогана. Спуст је најчешће у седећем положају, испружених руку или руку обгрљених око колена. У додиру са тобоганом се приликом спуштања налази само материјал доњих делова одеће.

Материјал

Потребан материјал:

1. пластични тобоган



Сл. 4 Тобоган

2. доњи делови одеће који су направљени од:

- цинса (тексас фармерке)
- памука (тренирка)
- синтетике (хулахопке)
- вештачке коже (панталоне, замењују праву кожу)



Сл. 5 Одећа за експеримент

3. хронометар за мерење времена спуста, штоперица на телефону



Сл. 6 Хронометар

4. метарска трака за мерење дужине тобогана, дужине 5м



Сл. 7 Метарска трака

5. угломер



Сл. 8 Угломер

6. свеска и оловка за вођење евиденције
7. аналогна вага за мерење масе

Метод рада

Коришћењем различитих материјала одеће испитујемо утицај коефицијента трења на вредност силе трења путем:

1. Експерименталног одређивања времена потребног за спуст
2. Рачунског одређивања коефицијента трења
3. Мерењем дужине и нагиба тобогана и мерењем телесне масе експериментатора.

Експеримент

Експеримент је обављен на тобогану од пластике на дечијем игралишту у Народној башти у Панчеву дана 27.10.2023. године од 15-18h.

Како бисмо израчунали коефицијент трења, било је неопходно одредити убрзање приликом спуста. Убрзање је израчунато по наредном обрасцу:

$$l = \frac{at^2}{2} \rightarrow a = \frac{2l}{t^2} \quad (2.0)$$

Дужина дела тобогана предвиђеног за спуст измерена помоћу метарске траке.

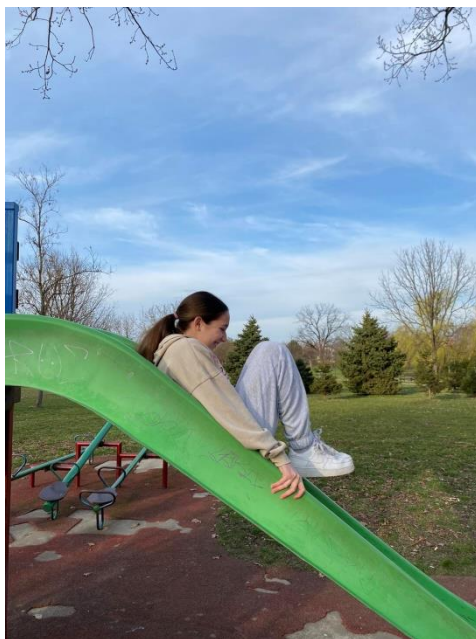


Сл. 9 Мерење дужине тобогана

Мерено је време спуста 15 пута за сваки различит доњи део одеће. За статистичку обраду узето је по 5 вредности из најмањег распона.

Да би се спуст сматрао валидним и резултат прихватљив за експеримент, морали су да буду испуњени услови положаја тела приказани на слици бр.10:

1. ноге савијене у коленима
2. леђа исправљена
3. руке испружене или обгрљене око ногу
4. без контакта патике и тобогана



Сл. 10 Положај тела приликом спуста¹

На основу пет измерених вредности одређена је средња вредност времена спуста. Ова физичка величина коришћена је за одређивање убрзања при спусту, на основу обрасца (2.0) за пређени пут при убрзаном кретању.

На кућној аналогној ваги измерена је телесна маса експериментатора.



Сл. 11 Приказ измерене масе на аналогној ваги

Ради безбедности учесника приликом спуста, а како би спречила могућност повреде при силаску с тобогана, експерименту се прикључила мајка једног од аутора.

Анализа силе

Укупна сила којом тело делује настрму раван је тежина тела:

$$F_{tr} = \mu F_n = \mu mg \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (3.0)$$

$$Q = mg \quad (4.0)$$

¹ Положај руку на слици је само за потребе сликања. Током спуштања није било дозвољено додиривати рукама тобоган.



Сл. 12 Разлагање силе

Помоћу угломера измерен је нагиб тобогана 30° .



Сл. 13.ц Мерење угла нагиба тобогана

С обзиром на измерени угао нагиба тобогана од 30° , разложили смо тежину експериментатора на две компоненте:

1. Нормална компонента тежине

$$F_n = \frac{\sqrt{3}}{2} mg \quad (5.0)$$

2. Паралелна компонента тежине

$$F_p = \frac{1}{2} mg \quad (6.0)$$

Паралелна компонента тежине вуче тело низ стрму раван, а њој се супротставља сила трења (F_{tr}) која делује у супротном смеру. Резултанта ових сила даје убрзање телу:

$$ma = F_p - F_{tr} \quad (7.0)$$

$$ma = \frac{1}{2} mg - \mu \frac{\sqrt{3}}{2} mg \quad (7.1)$$

дељењем целе једначине масом m добија се

$$a = \frac{1}{2} g - \frac{\mu \sqrt{3}}{2} \quad (7.2)$$

а издвајањем заједничког члана

$$a = \frac{g}{2} (1 - \mu \sqrt{3}) \quad (7.3)$$

одакле изражавамо коефицијент трења

$$\mu = \frac{\sqrt{3}}{3} \left(1 - \frac{2a}{g} \right) \quad (7.4)$$

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Трење као појава је веома присутно у нашим животима. Без силе трења не бисмо могли да ходамо, кочимо, држимо предмете, чистимо, пишемо али има негативан утицај нпр. код рада машина, јер њено дејство, загрева и троши делове машина и одузима енергију при раду. Да бисмо смањили силу трења примењујемо подмазивање, то јест стварамо глатку површину додавањем уља, што смањује коефицијент трења и загревање површина које се додирују услед дејства силе трења.

Резултати :

1. Угао нагиба тобогана 30°
2. Дужина тобогана 2,75 m

Табела 1. Резултати мерења времена спуста низ тобоган

Врста материјала	Број мерења	t (s)	t_{sr} (s)	$ t - t_{sr} $ (s)	Δt (s)	$(t_{sr} \pm \Delta t)$ (s)	$\frac{\Delta t}{t_{sr}} * 100$ (%)
Синтетичке хулахопке	1	1,15		0,01			
	2	1,19	1,16	0,03	0,04		
	3	1,13		0,03			
	4	1,20	1,16	0,04	0,04	1,16 $\pm$ 0,04	3,44%
	5	1,13		0,03			
Памучна тренерка	1	1,40		0,054			
	2	1,30	1,346	0,046	0,054		
	3	1,39		0,044			
	4	1,32	1,35	0,026	0,06	1,35 $\pm$ 0,06	4,01%
	5	1,32		0,026			
Тексас фармерке	1	1,52		0,012			
	2	1,46	1,532	0,072	0,072		
	3	1,55		0,018			
	4	1,53	1,53	0,002	0,08	1,53 $\pm$ 0,08	4,69%
	5	1,60		0,068			
Кожне панталоне	1	2,11		0,11			
	2	2,31	2,22	0,09	0,11		
	3	2,30		0,08			
	4	2,23	2,22	0,01	0,2	2,22 $\pm$ 0,2	9,00%
	5	2,17		0,05			

Применом наведене методе рада добијени су следећи резултати:

Табела 2. Резултати експеримента

Материјали	Измерени и израчунати резултати експеримента			
	t_{sr} (s)	l (m)	a (m/s ²)	μ
Синтетичке хулахопке	1,16	2,75	4,07	0,09
Памучна тренерка	1,35	2,75	3,02	0,19
Тексас фармерке	1,53	2,75	2,35	0,26
Кожне панталоне	2,22	2,75	1,12	0,38

Дискусија

Из табеле бр.1 се може приметити да је најкраће време за спуст измерено током спуштања у синтетичким хулахопкама; док је најдуже време измерено током спуштања у кожним панталонама. Приликом спуштања у кожним панталонама сила трења мировања је отежавала сам почетак спуста. Било је неопходно да се краткотрајно одвоји тело од подлоге како би уопште почео спуст. Током спуста у синтетичким хулахопкама, нарушена је безбедност експериментатора јер је спуст био неочекивано брз и дошло је до пада са тобогана.

Најкраће време спуста је у хулахопкама и износи 1,16s, што је за 48% краће од времена потребног за спуст у кожним панталонама које траје 2,22s.

Убрзање које се постиже приликом спуста у хулахопкама износи 4,07m/s² и 364% веће од убрзања приликом спуштања у кожним панталонама.

Коефицијент трења код кожных панталона износи 0,38 и 422% је већи од коефицијента трења хулахопки.

Коефицијент трења је директно пропорционалан средњем времену спуста, док му је убрзање обрнуто пропорционално.

ЗАКЉУЧАК

Циљ овог експеримента је да преко силе трења испитамо од ког материјала треба да буде одећа у којој се спуштамо да би спуст низ дечији тобоган био што безбеднији али и узбудљив и атрактиван деци. Утврдиле смо да коришћење одеће од еко-коже, због великог коефицијента трења, успорава кретање и отежава спуст. Одећа од синтетичких материјала има малу вредност коефицијента трења, те је спуст исувише брз и небезбедан. Најбоље је користити приликом спуста одећу од памучних материјала, чији је коефицијент трења у експерименту био од 0,19 до 0,26. Коришћењем памучне одеће, добијамо пријатан и безбедан спуст.

ЛИТЕРАТУРА

Уџбеници:

1. Распоповић, М., *Физика за 7. разред основне школе*, Истраживачки центар
2. Богдановић, М., Канић, А., Попарић, Г., *Физика за седми разред основне школе*, Логос
3. Никић, Б., Чалуковић, Н., *За радозналост ђака физика је лака*, Круг
4. Стевановић, К., Крнета, М., *Физика уџбеник за 7. разред основне школе*, Бигз
5. Распоповић, М., Ивановић, Д., Томић, Ј., Крпић, Д., Никић, Б., *Физика за 7. Разред основне школе*, Купиндо
6. Најдановић Лукић, М., Мишић, Т., Нешић, Љ., *Уџбеник за седми разред основне школе*, Вулкан знање

ЗАХВАЛНИЦА

Свим срцем се захваљујемо онима који су нам својим доприносом за успешно обављање и писање овог рада много помогли. Велику захвалност дугујемо нашој менторки Вери Станоевски, за сваки савет и сваку исправљену грешку, као и за присуство при извршавању експеримента. Такође, поред нашег ментора, захваљујемо се и нашим родитељима, а поготово мајци 2. Аутора (Теодоре Бубало) Лари Керкез Бубало.