

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
Институт за физику

Лабораторија за наставна средства физике

Милан С. Ковачевић

УРЕЂАЈ ЗА ДЕМОНСТРАЦИЈУ СИЛЕ ТРЕЊА

Крагујевац 2019.

1. Поновимо

Присетимо се наставних тема које смо већ обрађивали како би што боље свладали тему која је пред нама.

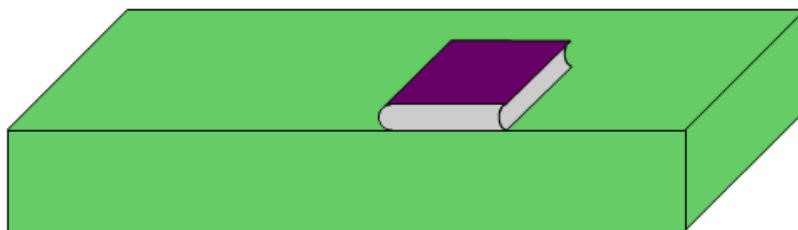
Маса је својство тела. Такође, маса је мера инертности. Масу меримо вагом. Мерити тело значи упоређивати масу тела с масом тега. Масу означавамо са m , а меримо у килограмима (kg).

Земља сва тела привлачи силом теже. Као последицу те привлачности, тела на подлогу или на нит (ако су обешена) делују силом која се назива *тежина*. Тежину меримо динамометром. Тежину означавамо са Q , а меримо у њутнима (N). Тежина је пропорционална с масом, а математички до тежине долазимо изразом $Q = mg$, где је g коефицијент пропорционалности и приближно износи 10 N/kg , односно убрзање слободног пада које износи 9.81 m/s^2 . Тежина је једина сила коју не означавамо са F .

Динамометар је мерни инструмент за мерење сила. У кућишту динамометра налази се опруга. Када сила делује на опругу, она се издужује пропорционално сили. Након престанка деловања силе опруга се враћа у првобитни положај.

2. Мотив: Зашто ћемо проучавати силу трења?

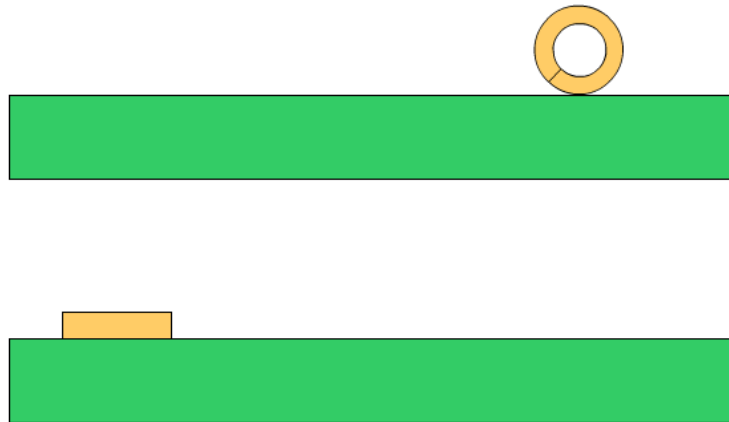
Сигурно сте барем једном, љутити што морате учити нешто што Вас уопште не занима, и гурнули сте књигу на столу. Шта сте уочили? Књига се након неког времена зауставила.



Већ Вам се дуже време није свиђао распоред намештаја у Вашој соби и одлучили сте то сами решити. Направили сте места и одгурали ормарић тамо где Вама одговара. Али, мама ће бити љута када дође кући, јер гурајући ормарић огребали сте ново лакирани паркет!



Сви ми, када нам је досадно, проналазимо разне начине занимације. У школи, на часу, највећу занимацију представља једна округла гумица или ако имамо селотејп. Јесте ли се икада упитали зашто селотејп док се котрља увек пређе већу удаљеност него када клизи по столу?



Питања:

- Зашто се књига зауставила?
- Зашто је ормарић огребао паркет?
- Зашто селотејп који се котрља прелази пуно већу удаљеност по селотејпа који клизи?

На ова питања ћемо одговорити истражујући трење.

3. Уводни експеримент

Прибор: дрвени квадар

Ако на длан ставимо дрвени квадар (или било који други предмет) осетити ћемо његову тежину.

Ако тај дрвени квадар повлачимо по длану, силу коју тада осећамо исказује се као сила трења.



Када би хтели тај дрвени квадар повлачити по површини стола, опет бисмо требали употребити силу којом би деловали против силе трења.

Питања:

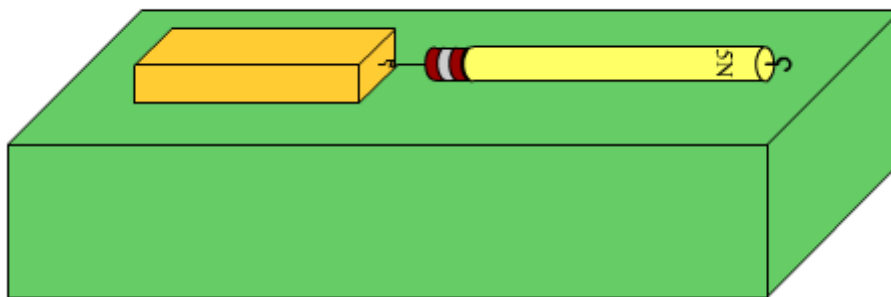
- Шта за тело које се креће значи сила трења?
- Да ли величина предмета утиче на силу трења?
- Да ли тежина тела утиче на силу трења?
- Каква трења све постоје?

Оглед 1: Статичко и динамичко трење клизања

Прибор: дрвени квадар с кукицом, динамометар од 5 N.

Извођење огледа:

1. На сто поставимо дрвени квадар.
2. За кукицу дрвеног квадра закачимо динамометар.
3. Динамометар држимо у положају водоравном на површину стола и повлачимо га.
4. Очитамо вредност силе на динамометру.



Запажање: Када желимо динамометром покренути квадар увиђамо да, док он мирује, морамо употребити пуно већу силу. Измерили смо да сила трења тик пре покретања квадра износи $0,95\text{ N}$. Трење које делује на тело када се почело кретати (и наставило се кретати равномерно) измерили смо да износи $0,6\text{ N}$.

Закључак: На почетку квадар мирује јер на њега не делује никаква сила у хоризонталном смеру. Када квадар почнемо лагано вући, он још мирује јер резултанта сила којом вучемо и силе трења која се јавља, је једнака нули. Будући да вучну силу полако повећавамо, повећава се и сила трења, па је укупна сила једнака нули, и квадар још мирује. Вучну силу повећавамо до граничне вредности, једнаке максималној сили трења, резултантна сила на квадар још је једнака нули и квадар мирује. Тек када вучна сила постане већа од граничне вредности, тј. постане већа од максималне силе трења, квадар се покрене.

Дакле, сила трења клизања постиже максималну вредност непосредно пре него што се тело покрене, и то трење називамо *статичким трењем клизања*.

Сила трења клизања има сталну вредност када једно тело клизи по другоме, и то је *динамичко трење клизања*.

Статичко трење клизања је веће од динамичког трења клизања.

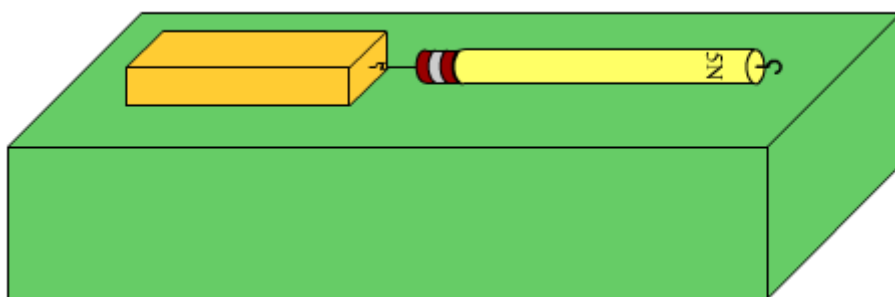
Оглед 2: Зависи ли трење од врсте подлоге?

Прибор: брусни папир, два једнака дрвена квадра са кукицама, динамометар од 5 N .

Напомена: Сила коју показује динамометар код квадар повлачимо најмањом силом, а он клизи равномерно, одговара сили трења. Тако меримо силу трења.

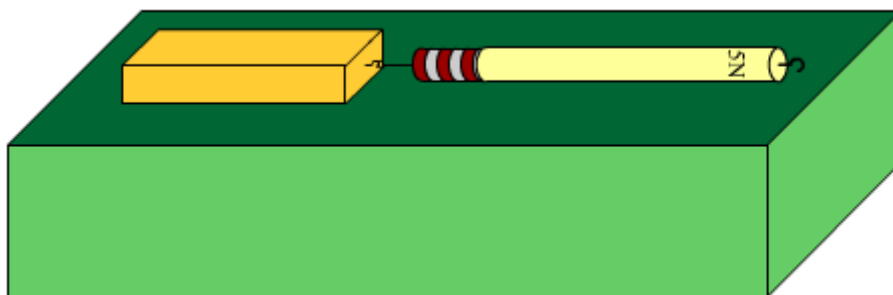
Извођење огледа:

1. На сто поставимо дрвени квадар.
2. За кукицу дрвеног квадра закачимо динамометар.
3. Динамометар држимо у положају водоравном на површину стола и повлачимо га у смеру стрелице.
4. Очитамо вредност силе на динамометру.



Запажање: На динамометру смо очитали силу трења од 0,6 N .

5. На сто поставимо брусни папир.
6. На брусни папир поставимо исти дрвени квадар.
7. Повлачимо динамометром квадар у смеру стрелице и очитавамо вредност силе на динамометру.



Запажање: На динамометру смо очитали силу трења од 1,5 N .

Закључак: Трење зависи од врсте подлоге. Што је подлога храпавија то је трење веће.

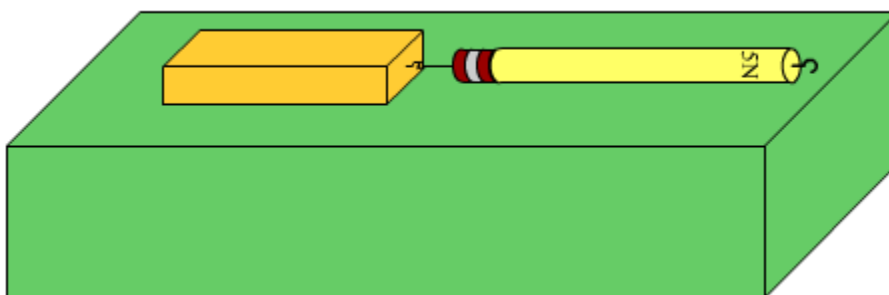
Оглед 3: Зависи ли трење од величине додирних површина?

Прибор: дрвени квадар са кукицама, динамометар од 5 N.

Напомена: Сила коју показује динамометар код квадар повлачимо најмањом силом, а он клизи равномерно, одговара сили трења. Тако меримо силу трења.

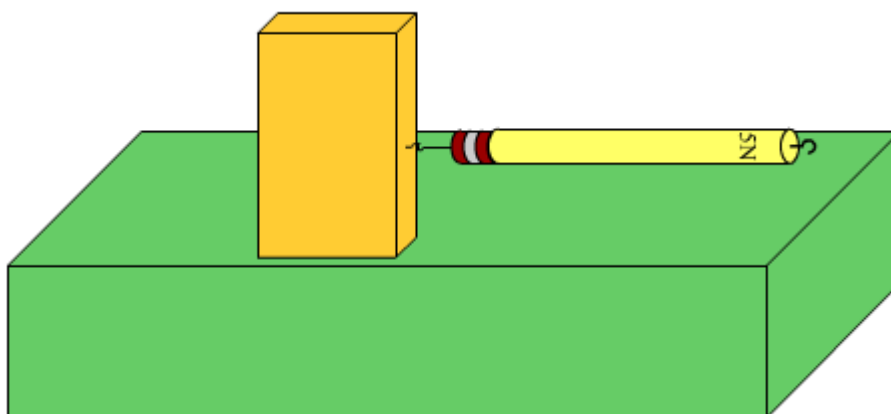
Извођење огледа:

1. На сто поставимо дрвени квадар.
2. За кукицу дрвеног квадра закачимо динамометар.
3. Динамометар држимо у положају водоравном на површину стола и повлачимо га у смеру стрелице.
4. Очитамо вредност силе на динамометру.



Запажање: На динамометру смо очитали силу трења од 0,6 N.

5. Дрвени квадар окренемо тако да на столу стоји својом мањом површином.
6. Поново повлачимо динамометром квадар у смеру стрелице и очитавамо вредност силе на динамометру.



Запажање: На динамометру смо очитали силу трења од 0,6 N.

Закључак: Трење не зависи од величине додирних површина.

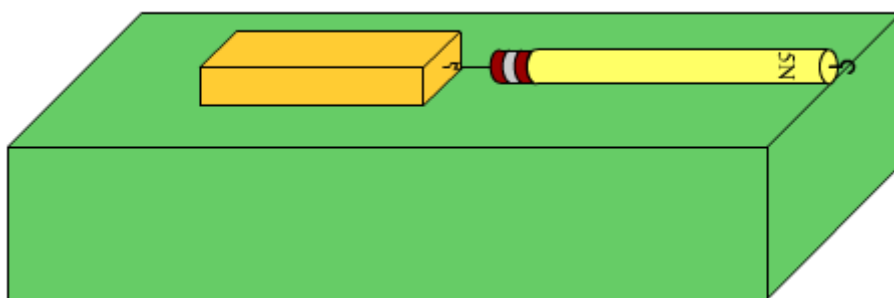
Оглед 4: Зависи ли трење од тежине тела?

Прибор: два једнака дрвена квадра са кукицама, динамометар од 5 N.

Напомена: Сила коју показује динамометар код квадра повлачимо најмањом силом, а он клизи равномерно, одговара сили трења. Тако меримо силу трења.

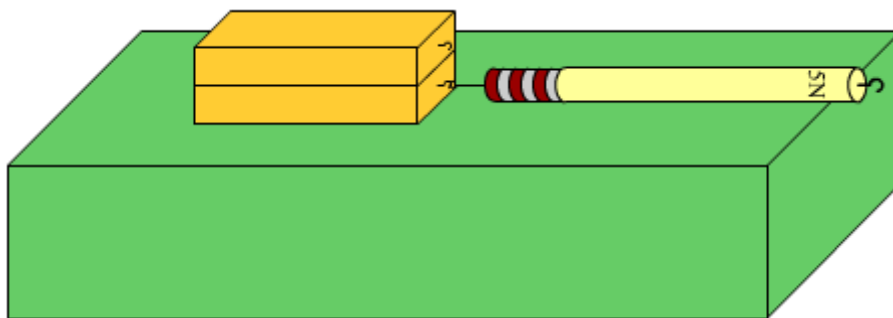
Извођење огледа:

1. На сто поставимо дрвени квадрат.
2. За кукицу дрвеног квадра закачимо динамометар.
3. Динамометар држимо у положају водоравном на површину стола и повлачимо га у смеру стрелице.
4. Очитамо вредност силе на динамометру.



Запажање: На динамометру смо очитали силу трења од 0,6 N.

5. На постојећи дрвени квадрат поставимо још један идентичан.
6. Поново повлачимо динамометром квадра у смеру стрелице и очитавамо вредност силе на динамометру.



Запажање: На динамометру смо очитали силу трења од 1,2 N.

Закључак: Трење зависи од тежине тела.

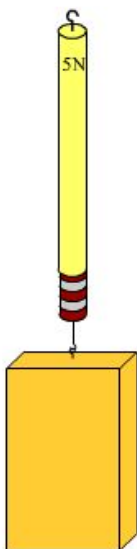
Оглед 5: У каквом односу су трење и тежина тела?

Прибор: сталак, дрвени квадар с кукицом, динамометар од 5 N.

Напомена: Сила коју показује динамометар код квадар повлачимо најмањом силом, а он клизи ревномерно, одговара сили трења. Тако меримо силу трења.

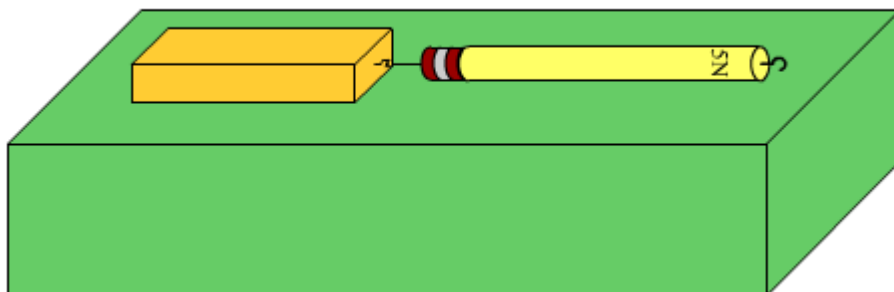
Извођење огледа:

1. На сталак обесимо динамометар.
2. На кукицу динамометра обесимо квадар.
3. Очитамо вредност тежине са динамометра.



Запажање: На динамометру смо очитали тежину од 2,8 N.

4. На сто поставимо дрвени квадар.
5. За кукицу дрвеног квадра закачимо динамометар.
6. Динамометар држимо у положају водоравном на површину стола и повлачимо га у смеру стрелице.
7. Очитамо вредност силе на динамометру.



Запажање: На динамометру смо очитали силу трења од 0,6 N.

Закључак: Трење је мање од тежине тела.

Како математички можемо изразити силу трења?

У огледу 5: У каквом су односу трење и тежина тела? На основу измерених података закључили смо да је трење мање од тежине тела.

Измерени подаци су били:

1. тежина: 2,8 N.
2. трење: 0,6 N.

У огледу 2: Зависи ли трење од врсте подлоге? Имали смо исти квадар као у огледу 5 али је на сто био постављен брусни папир. Дакле, подаци које смо измерили били су:

1. тежина: 2,8 N.
2. трење: 1,5 N.

Већ смо раније научили да се тежина означава са Q . Тада смо рекли и да је то једина сила која се не означава са F . Силу трења ћемо, према томе, означавати са F , али како би знали да је то сила трења у индекс ћемо писати "tr". Дакле, ознака за силу трења је F_{tr} .

Сада када знамо све потребне ознаке величина можемо измерене податке записати:

Оглед 5:

1. тежина: $Q = 2,8\text{N}$.
2. трење: $F_{tr} = 0,6\text{N}$.

Оглед 2:

1. тежина: $Q = 2,8\text{N}$.
2. трење: $F_{tr} = 1,5\text{N}$.

Израчунајмо сада количник трења и тежине. Добили смо следеће резултате:

$$\text{Оглед 5: } \frac{F_{tr}}{Q} = \frac{0,6\text{N}}{2,8\text{N}} = 0,2$$

$$\text{Оглед 2: } \frac{F_{tr}}{Q} = \frac{1,5\text{N}}{2,8\text{N}} = 0,5$$

Овај количник називамо коефицијентом трења и означавамо га μ (грчко слово ми).

Ако уместо бројчане вриједности количника ставимо μ , добијамо:

$$\frac{F_{tr}}{Q} = \mu.$$

Множењем целе једначине са тежином тела (Q) добијамо математички израз за силу трења:

$$F_{tr} = \mu \cdot Q$$

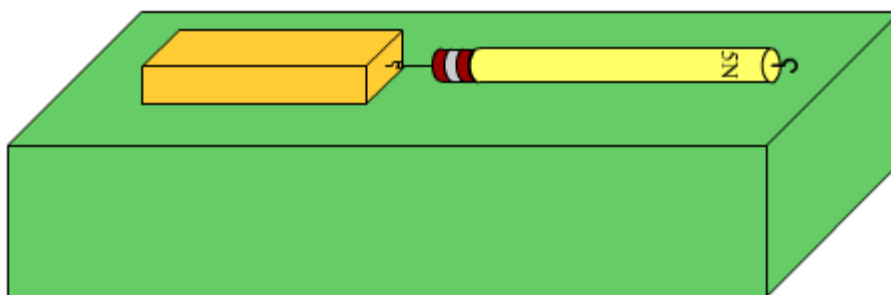
Оглед 6: Како се односе трење клизања и трење котрљања?

Прибор: дрвени квадар с кукицама, динамометар од 5 N, епрувете или стаклени штапићи.

Напомена: Сила коју показује динамометар код квадар повлачимо најмањом силом, а он клизи равномерно, одговара сили трења. Тако меримо силу трења.

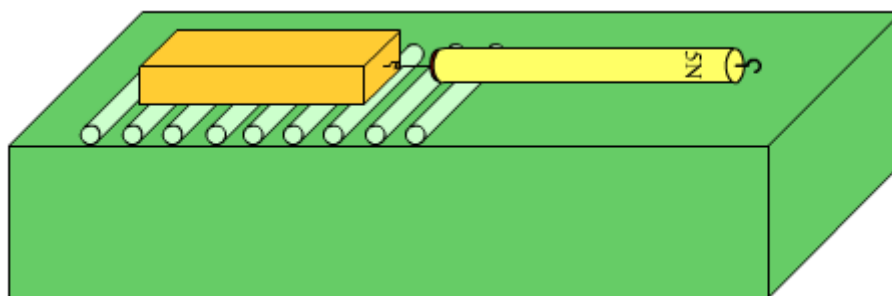
Извођење огледа:

1. На сто поставимо дрвени квадар.
2. За кукицу дрвеног квадра закачимо динамометар.
3. Динамометар држимо у положају водоравном на површину стола и повлачимо га у смеру стрелице.
4. Очитамо вредност силе на динамометру.



Запажање: Измерили смо да трење клизања износи 0,6 N .

5. На сто поставимо епрувете.
6. На епрувете поставимо дрвени квадар.
7. Повлачимо динамометром квадар у смеру стрелице и очитавамо вредност силе на динамометру.



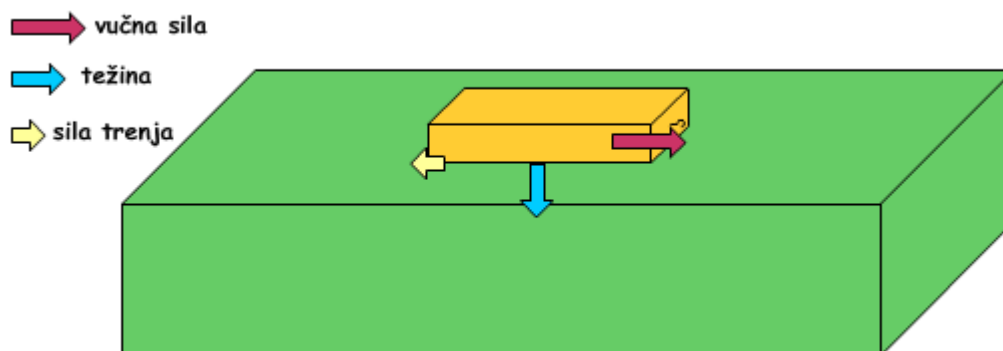
Запажање: На динамометру смо очитали да је трење котрљања 0,05 N .

Закључак: Трење котрљања је много мање од трења клизања.

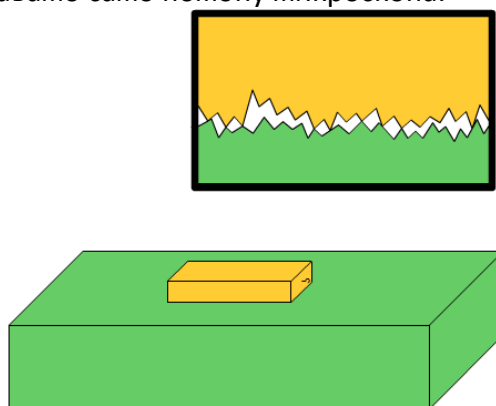
Закључак

Како су распоређе силе када вучемо неко тело?

Сила којом повлачимо тело назива се вучна сила. Сила којом тело притиска подлогу је тежина тог тела. Сила трења је сила која делује у смеру супротном од смера вучне силе.



Трење узрокује храпавост и неравнине на површинама које се додирују. Додирне површи тела чврсто приањају, а сићушне избочине једне површи запињу за сличне избочине друге површи. При клизању удубине и избочине додирних површина залазе једна у другу и опирају се међусобном кретању тела. То се догађа чак и ако су избочине толико сићушне да их уочавамо само помоћу микроскопа.



Трење може бити корисно и штетно. Без трења живот на Земљи неби био могућ. Предмете неби могли држати у рукама, све би нам измицало, склизало. Неби могли ни ходати. Тло би нам "измицало" испод ногу, падали бисмо уназад као на највећој поледици. У овим случајевима трење је корисно.

Када се покретни делови машина међусобно тару, они се трљањем истроше. Машина се притом успорава. Зато лежачеве осовина, клипове у цилиндрима треба подмазивати посебним мазивима и уљима.

Истражујући трење огледима дошли смо до неколико важних закључака.

Разликујемо статичко и динамичко трење клизања. Статичко трење клизања је веће од динамичког трења клизања. Због тога да би човек помакао неки велики терет мора

уложити велику силу да би га помакао. Кад се тај терет креће сила којом човек треба деловати је много мања.

Трење не зависи од величине додирних површина.

Трење зависи од тежине. Када се зимских, снежних дана возите аутомобилом, сигурно сте приметили да проклизавање на леденој површини улице није увек исто. Ако се у аутомобилу налазе само возач и сувозач аутомобил ће више проклизавати (мање трење) него ако се у аутомобилу налазе четири особе (веће трење).

Трење зависи од врсте подлоге. Што је подлога храпавија то је трење веће. Када у зимско време ходамо по улици, ако нема леда немамо проблема. Трење је довољно велико да би нам омогућило нормално ходање. Но ако станемо на лед, трење се вишеструко смањује и тада се посклизвамо. Присетимо се мало и фудбала. У фудбалу, голмани имају рукавице прекривене гумом како би се повећало трење између рукавица и лопте те спречило да лопта исклизне голману из руке.

Трење је мање од тежине. Сви смо барем једном имали велико поспремање стана или куће. Треба почистити иза ормара. Дакле, треба помакнути ормар да би могли иза њега почистити. Како је ормар велике масе, а самим тиме има и велику тежину, не можемо га подигнути него га гурамо на неко друго место.

Сигурно сте на улици видели да је некоме аутомобил остао у квару. Како неби стварао гужву, аутомобил се треба склонити са улице. Видели сте и да се тај аутомобил гура у страну. Маса аутомобила износи око 1,5 тона и није га могуће рукама дигнути. При гурању аутомобила је трење врло мало јер у том се случају ради о трењу котрљања.

Трење котрљања је мање од трења клизања.

Експериментални задатак: Одређивање коефицијента трења клизања

Прибор: Дрвени квадар познате масе M , тег познате масе m , метална плочица познате масе m_p , нит, стега, метална шипка, динамометар и лењир.

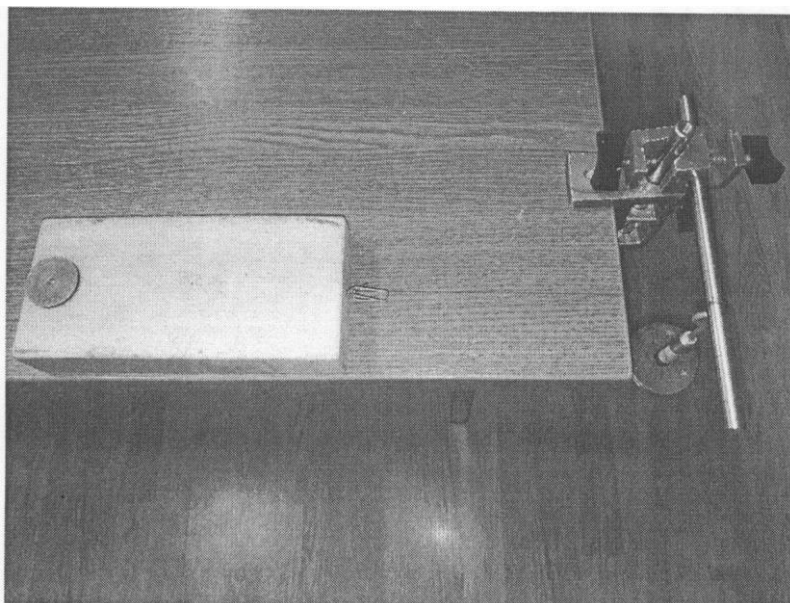
Задатак: Одредити коефицијент трења између дрвеног квадра и површине стола као и коефицијент трења између металне плочице и дрвеног квадра.

У склопу задатка треба:

- Објаснити теоријску основу мерења.
- Нацртати одговарајуће дијаграме сила.
- Извести формулу којом ћете помоћу измерених величина одредити коефицијент трења између металне плочице и дрвеног квадра.
- Направити 10 мерења, податке приказати табеларно, одредити средњу вредност коефицијента трења и одступања од средње вредности.

Решење:

Склопити апаратуру за мерење.



Металну плочицу познате масе m_p ставимо на дрвени квадар масе M . Један крај нити завежемо за дрвени квадар, а за други крај нити привежемо тег масе m . Тег пребацимо преко шипке и пустимо га да пада. Дог тег пада нит повлачи квадар који се креће по површини стола.

Једначине кретања за тег и квадар су:

$$ma = mg - F_N \quad (1)$$

$$(M + m_p)a = F_N - (M + m_p)g \mu_1 \quad (2)$$

где су a убрзање система, g убрзање слободног пада, F_N сила затезања нити, а μ_1 коефицијент трења између дрвеног квадра и стола.

Коефицијент трења између дрвеног квадра и стола можемо одредити тако да један крај динамометра причврстимо на дрвени квадар а други крај повлачимо дако да се квадар креће по столу. Очитамо силу трења F_{tr} и из релације

$$\mu_1 = \frac{F_{tr}}{(M + m_p)g}$$

одредимо μ_1 . При одређивању коефицијента трења извршимо 10 мерења и одредимо средњу вредност.

Док се квадар креће по столу метална плочица се креће заједно са квадром, односно мирује у односу на квадар.

С обзиром да треба одредити коефицијент кинетичког трења између плочице и дрвеног квадра потребно је постићи ситуацију да се плочица креће по квадру. То можемо постићи тако да квадар након што је прешао пут s , руком нагло зауставимо. Помоћу лењира измеримо пут s . Плочица ће се кретати успорено по квадру и притом ће плочица прећи пут l до заустављања. Лењиром измеримо пут l .

Написати једначину кретања металне плочице по дрвеном квадру, и извести формулу за коефицијент трења између металне плочице и дрвеног квадра.