

**Учителско ръководство**

**На български език**

**Ученически комплект  
Механика - ниво 2**



**Cornelsen**

**EXPERIMENTA**

**Германия**

**УЧМАГ ООД е изключителен представител за България.**

Ръководството и частите от него са защитени с авторски права.

Всяко използване, различно от законово установеното, изисква предварителното писмено съгласие на Cornelsen Experimenta.

Според Закона за авторското право /§§ 46, 52a UrhG/: Нито ръководството, нито части от него могат да бъдат сканирани, поставени в мрежа или по друг начин да станат обществено достъпни. Това включва вътрешни мрежи на училища или други образователни институции.

УЧМАГ ООД притежава правата за разпространение в България.

Преводът на текста е одобрен от Cornelsen Experimenta.

Ние не носим отговорност за щети, причинени от неподходящо използване на оборудването.

## Ученически комплект

Механика – ниво 2

Каталожен № 43010

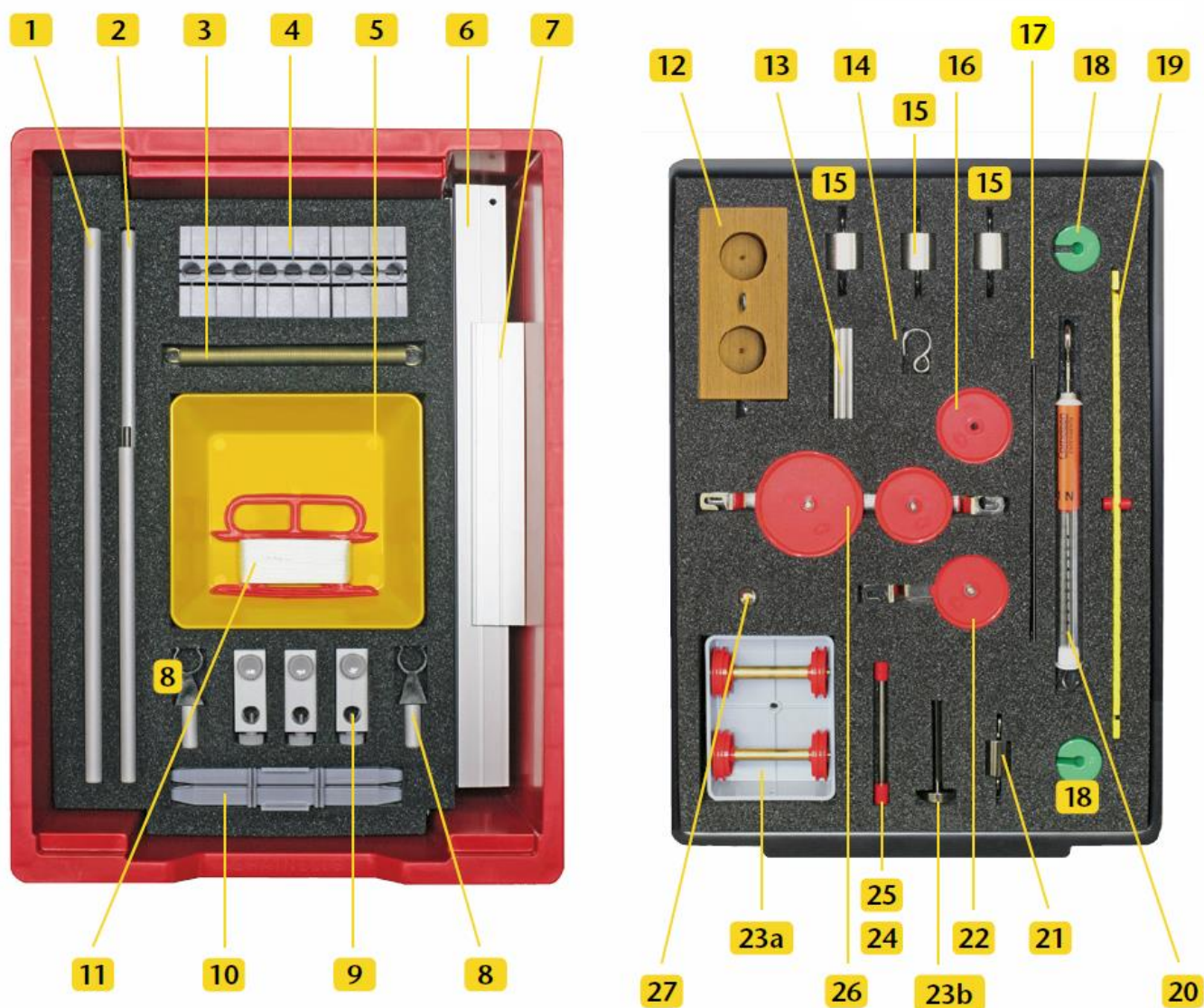
## СПИСЪК НА КОМПОНЕНТИТЕ

Изображение №.	Количество	Описание	Каталожен №
1	2	Стабилизираща ос, 330 мм	40138
2	1	Стабилизираща сглобяема ос от две части, 330 мм с вътрешна резба и 200 мм с външна резба	40137
3	1	Спираловидна пружина, 150 мм / макс. 10 N	42476
4	3	Плъзгач	40820
5	1	Пластмасов съд, 150/140/35 мм	43231
6	1	Профилна релса с пробит отвор, 360 мм	40812
7	1	Профилна релса, 180 мм	40813
8	2	Скоба с щифт -диаметър 15 мм	43284
9	3	Съединител, алуминиев	40605
10	1	Двойка крачета за релсите	40861
11	1	Въже, 50 м / 0,5 мм	19039
12	1	Фрикционен блок с пробити отвори	432931
13	3	Метална ос, 50 мм	60888
14	2	S-образна кука	40144
15	3	Тежест с две куки, 50 г	43190
16	2	Макара, 43 мм диаметър.	43136
17	1	Пружинна пластина, с отвор, 150/16 мм	42472
18	2	Дискови тежести, 50 г, зелени	42378
19	1	Лостово рамо с отвор	43119
20	1	Динамометър, 1 N	41610
21	1	Тежест с две куки, 25 г	43191
22	1	Макара с кука, с диаметър 43 мм	43139
23	1	Количка (а) с ос (b)	43394
24	1	Метална ос, 80 мм	61868
25	4	Фиксираща втулка, 5 мм	64212

26	1	Две макари с обща база	43151
27	1	Стоманена топка, с диаметър 12 мм	43849
<b>Включени печатни материали:</b>			
-	1	Учителско ръководство "Ученически комплект Механика – ниво 2"	430106
-	1	План за съхранение "Ученически комплект Механика – ниво 2"	4301036

*Допълнително: Линийка (30 см); Картонен диск; Ножници; Пясък; Транспортир.*

## Схема с компонентите и план за съхранение



# Съдържание

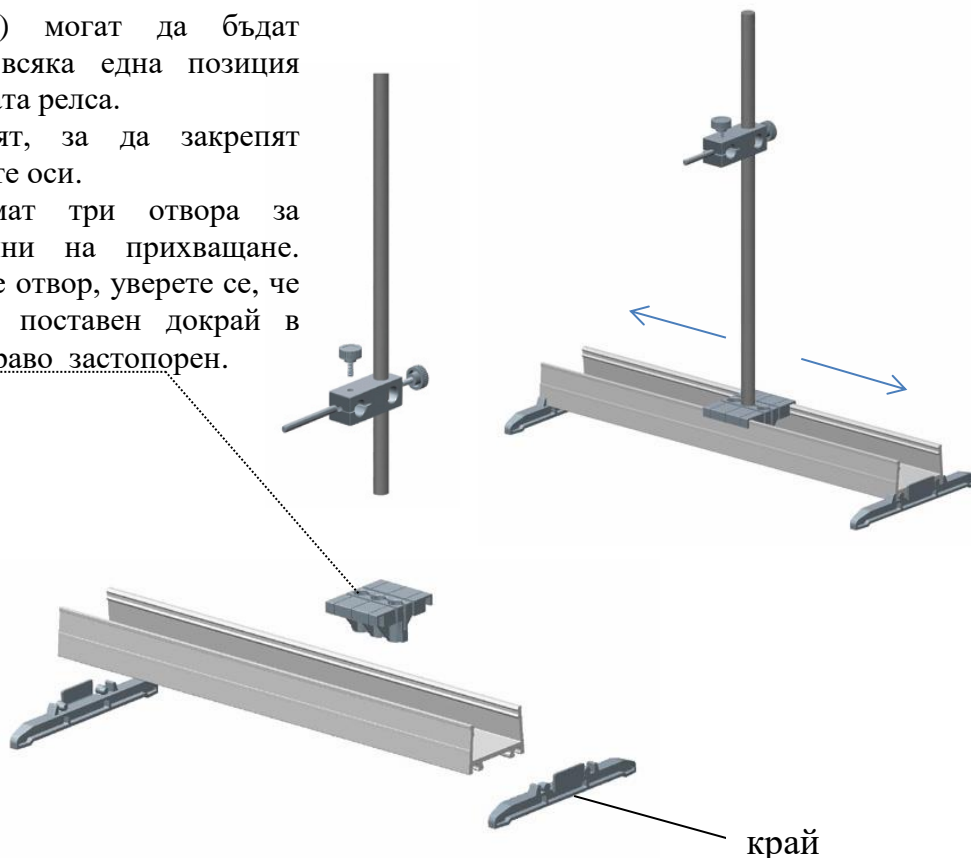
Списък на компонентите .....	2 стр.
Схема с компонентите и план за съхранение .....	3 стр.
Инструкции за подготвяне на експериментите .....	4 стр.
<b>Механика на твърдите тела</b>	
1. Пружинни динамометри. Гравитационно ускорение. Тежест.....	6 стр.
2. Прибавяне на сили .....	10 стр.
3. Законът на Хук .....	12 стр.
4. Център на тежестта и равновесието .....	17 стр.
5. Лостове – въртящ момент .....	19 стр.
5.1. Закони на лостовете - лостове от 1-ви род .....	19 стр.
5.2. Закони на лостовете - лостове от 2-ри и 3-ти род .....	20 стр.
6. Статично и динамично триене .....	28 стр.
7. Наклонени равнини .....	32 стр.
8. Деформация .....	35 стр.
8.1. Еластична деформация – пружинна пластина .....	35 стр.
8.2. Пластична деформация - пясък .....	36 стр.
9. Златното правило на механиката - макари .....	41 стр.
9.1. Неподвижна макара.....	41 стр.
9.2. Подвижна макара.....	42 стр.
9.3. Полиспагст .....	43 стр.
Работни карти към Златното правило на механиката:	
Неподвижна макара; Подвижна макара; Полиспагст; Тест.....	46-51 стр.
Работен план на опитите .....	54 стр.
10. Измерване КПД на наклонена равнина .....	55 стр.

# Инструкции за подготвяне на експериментите

Плъзгачите (4) могат да бъдат поставени на всяка една позиция върху профилната релса.

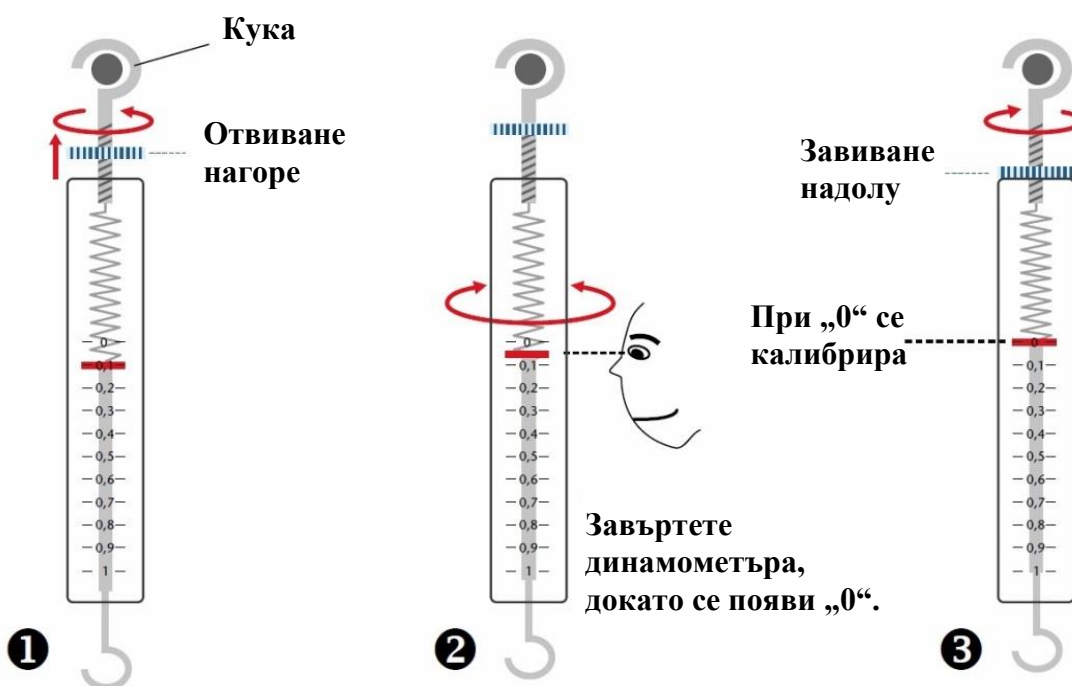
Те се поставят, за да закрепят стабилизиращите оси.

Плъзгачите имат три отвора за различни начини на прихващане. Когато избирате отвор, уверете се, че компонентът е поставен докрай в гнездото и е здраво застопорен.



Краката на релсата (10) се прикрепват към краищата ѝ. Трябва да бъдат монтирани така, че да не бъдат заклещени или усукани.

В идеалния случай, за да премахнете краката, обърнете релсата и ги избутайте навън с еднакво усилие и от двете страни.



# Механика на твърдите тела

## 1. Пружинни динамометри.

### Гравитационно ускорение. Тежест.

В комплекта уредът за измерване на силата използва принципа на пружинния динамометър. С него се мери силата на гравитацията.

Ще бъде представена концепцията за земното ускорение и разликите му в зависимост от позицията на обекта върху земното кълбо. А за тези, които вече са запознати с тази тема, това ще бъде упражнение.

В края на експеримента трябва да се обсъди точността на динамометъра, тъй като измерванията се сравняват с теоретични стойности.

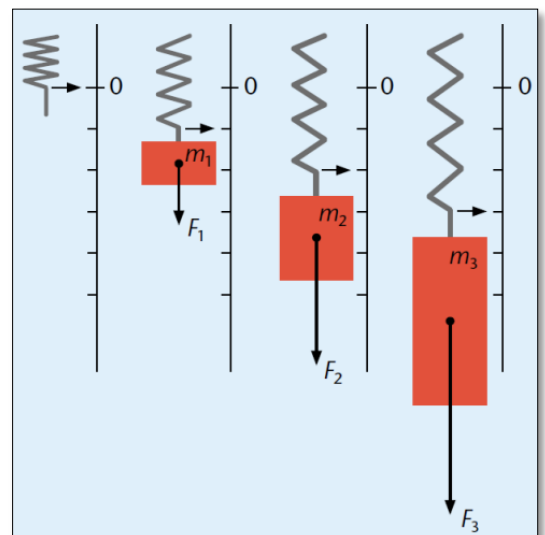
#### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос от две части	2
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсата	10
Метална ос, 50 мм	13
Тежест с две куки, 50 г, (x3)	15
Динамометър, 1 N	20
Тежест с две куки, 25 г	21
Фиксираща втулка, 5 мм, (x2)	25



#### **Извършване на експеримента:**

Прикрепете крачетата към профилната релса и сложете плъзгача върху нея. Вкарайте дългата част на стабилизиращата ос в централния му отвор и я удължете с другата ѝ част. Прикрепете съединителя така, че процепът му да е обърнат напред. Поставете малката метална ос в предния отвор на съединителя и я фиксирайте на място. Сложете двете втулки върху нея и окачете между тях динамометъра. Той трябва да бъде калибриран без никакво натоварване върху него. Първата стъпка е да отвиете резбования винт. Нулевата

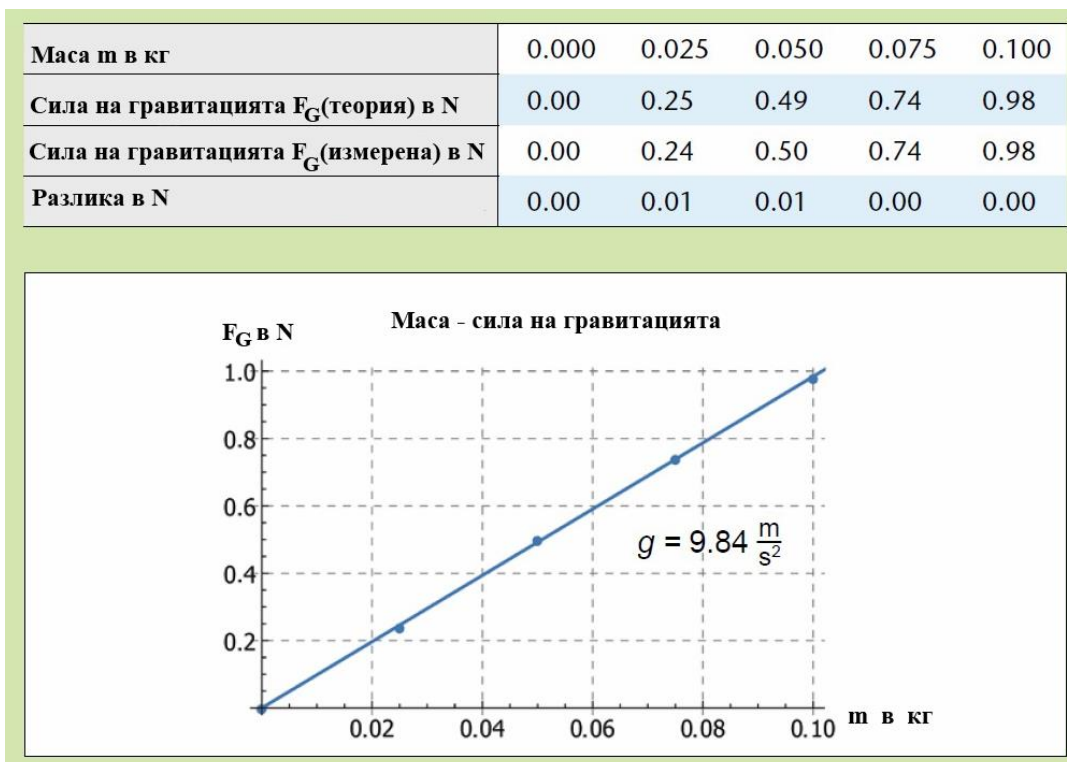


стойност се достига чрез завъртане на корпуса на измервателния уред. Щом динамометърът е правилно настроен, завийте отново винта. В експеримента уредът се натоварва като се добавят към него тежести. По този начин е възможно да се определи силата на гравитацията  $F_G$  като функция на масата на тежестите  $m$ .

### Заклучения:

Експериментът е фокусиран основно върху използването на пружинен динамометър и по-специално неговото калибриране. Ако учениците нямат опит при извършване на измервания, е добре да се обсъди как да се избегнат грешки при отчитането. Скálата на динамометъра е добра тема за обсъждане, например защо стойностите, които са извън диапазона на уреда са недопустими. Деленията на скálата са от 0,02 N, така че динамометърът няма да бъде полезен при измерване на стойности като 0,03 N или 0,15 N. При тестово измерване локалната стойност на гравитационното ускорение възлиза на 9,84 N/кг. В сравнение със стойностите, отчетени за Берлин, таблиците показват несъответствие от 0,03 N/кг.

По време на урока таблиците за гравитационно ускорение могат да се използват за демонстриране на локалните различия. Те показват, че теглото всъщност е различно в различните области. Чрез сравняване на Земята с други планети и обекти в слънчевата система, може да се демонстрира начинът, по който масата на тялото оказва влияние върху теглото. Ако различните стойности на гравитационно ускорение са изобразени на карта, лесно може да се докаже, че те зависят от географската ширина. Ако вземете под внимание, че Земята е леко сплескана сфера, лесно можете да предположите как разликите в разстоянието до центъра на Земята влияе върху гравитационното ускорение.

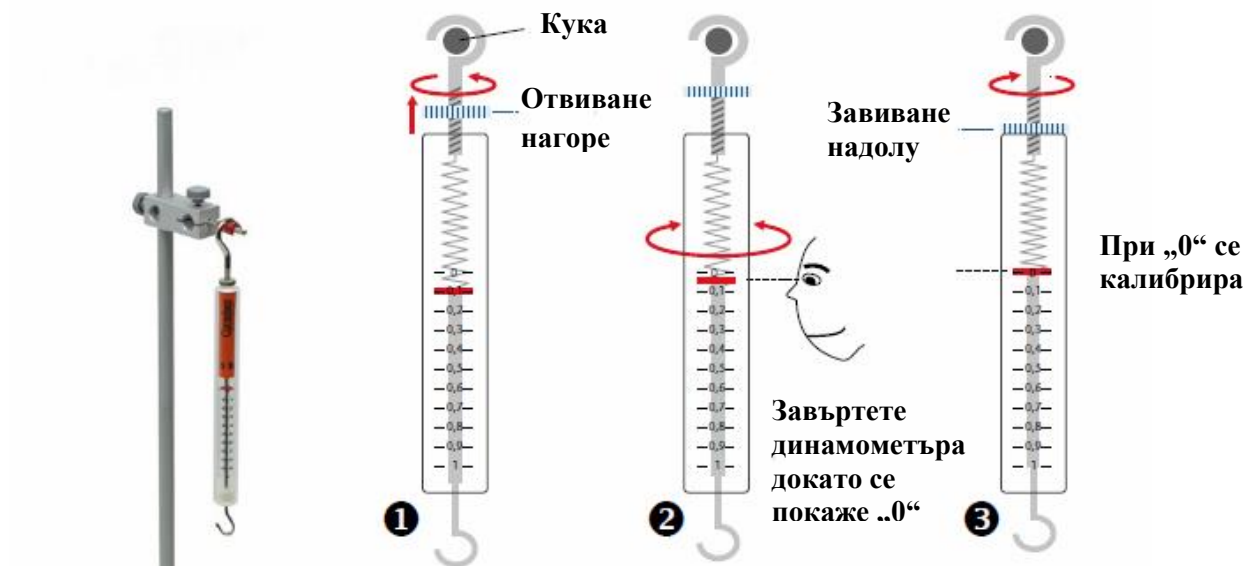


*В допълнение към този експеримент: Работен лист "Тегло".*

Терминът "тегло" често се използва, за да се опише силата на гравитацията, с която Земята притегля тялото. Телата също са подложени на такава сила и от всяко друго тяло, което има маса, например Луната. Съществуват обаче и ситуации, в които вече не е възможно да се възприема усещането за тегло. Космонавтът на снимката се усеща като в "безтегловност". На Луната, той ще чувства своята тежест, но в много по-малка степен, отколкото на Земята. Това отново показва, че теглото на тялото зависи от това къде е измерено. На Земята използваме силата на тежестта, за да определим нашата маса. Везните всъщност измерват силата, упражнявана от Земята върху тялото, но показват резултатите в стойности. В следващия раздел можете да проучите как можете да използвате гравитацията и тежестта в собствената ви страна, за да определите масата си.



- Подгответе експеримента, както е показано на илюстрацията.
- Преди да направите каквито и да било измервания, настройте динамометъра, както е описано по-долу.



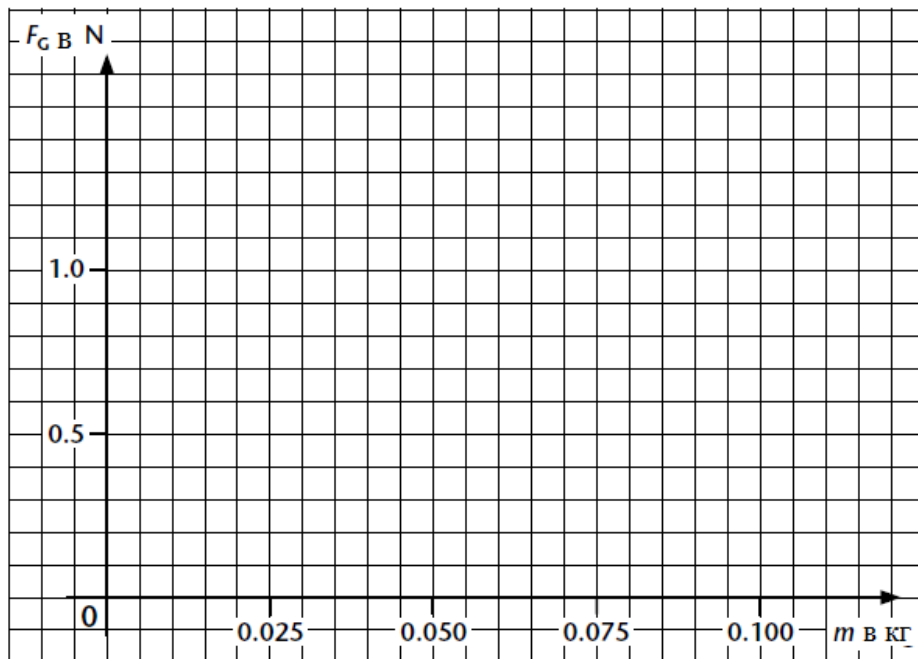
**Материали / Компонент №**

Стабилизираща ос	2
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета	10
Метална ос, 50 мм	13
Тежест с две куки, 50 г, (x3)	15
Динамометър, 1 N	20
Тежест с две куки, 25 г	21
Фиксираща втулка, 5 мм, (x2)	25



- Измерете теглото, силата на гравитацията, която действа върху тежестите с маса  $m$ , и попълнете таблицата по-долу.

Маса $m$ в г	0	25	50	75	100
Тегло $F_G$ в N					



**Килограми в грамове**

- 1 г = 0,001 кг
- 10 г = 0,010 кг
- 100 г = 0.100 кг
- 1000 г = 1 кг

От 1889 килограмът има SI стандарт за маса. Произведени са копия на първата тежест от 1 килограм с точност до 1 милиграм (0.001 г)

**Гравитационно ускорение g:**

Берлин	9.81 N / кг
Рим	9.80 N / кг
Лондон	9.81 N / кг
Ню Йорк	9.80 N / кг
Богота	9.77 N / кг
Виндхук	9.78 N / кг
Ню Олесунд	9,83 N / кг
вр. Еверест	9,76 N / кг
Луна	1.6 N / кг
Юпитер	23.1 N / кг

Източник:

<http://www.ptb.de/cartoweb3/SISproject.php>

Начертайте графика на  $F_G$  спрямо  $m$ .

**Заклучения:**

- Вашите измервания трябва да лежат по права линия. Определете наклона на тази линия.

$$F_G = m \cdot g \quad \text{където} \quad g = \boxed{\phantom{000}} \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

- Във физиката този наклон представлява гравитационното ускорение  $g$ . Сравнете резултата си със стойностите в таблицата.

---



---



---

- Запишете резултатите си в следната таблица. Обсъдете точността на измервателния уред.

Маса $m$ в г	0	25	50	75	100
Тегло (измерено) $F_{G,m}$ в N					
Тегло (теоретическо) $F_{G,m}$ в N	0	0.25	0.49	0.74	0.98

## 2. Прибавяне на сили

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм, (x2)	1
Стабилизираща ос от две части	2
Плъзгач, (x3)	4
Профилна релса, 360 мм	6
Съединител, алуминиев, (x3)	9
Двойка крачета за релсата	10
Въже, 50 м / 0,5 мм	11
Метална ос, 50 мм, (x3)	13
Тежести с две куки, 50 г, (x2)	15
Макара, 43 мм диаметър, (x2)	16
Динамометър, 1 N	20
Фиксиращи втулки, 5 мм, (x4)	25



Уредът за измерване е поставен така, че да дърпа опънато въже. В следствие на това три сили действат в една определена точка. Те могат да се определят много точно с използване на паралелограма на силите.

Постановката може лесно да бъде променена, позволявайки ви да изследвате голямо разнообразие от конфигурации.

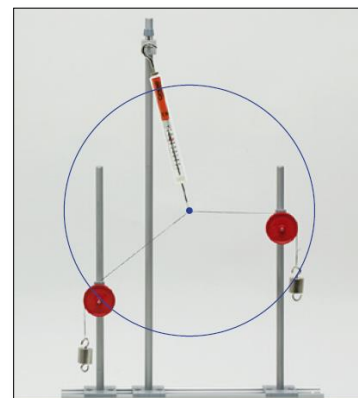
### **Извършване на експеримента:**

Добавете крачетата към профилната релса и сложете трите плъзгача върху нея. Поставете дългата стабилизираща ос в централен отвор на средния плъзгач и я удължете с късата ос. Прикрепете към върха на оста съединителя така, че страната му с прорез да е насочена напред. Поставете металната ос (13) в отвора с прорез и я застопорете. Окачете върху нея калибрирания динамометър. Поставете другите стабилизиращи оси в централните отвори на двата външни плъзгача и монтирайте върху тях съединителите, ориентирани с прореза напред. В тези прорези вкарайте металните оси (13) и ги застопорете на място. След това поставете върху тях макари и ги ограничете с фиксиращите втулки. Отрежете около 60 см въже и завържете примки в двата му края. Прокарайте въжето над двете макари и окачете тежести от 50 грама в примките. Трябва да има и още една примка някъде между двата края, така че динамометърът да повдигне въжето в същата вертикална равнина. Това означава, че се събират три различни сили в една точка. Други конфигурации могат да бъдат направени чрез хоризонтално или вертикално преместване на макарите или динамометъра.

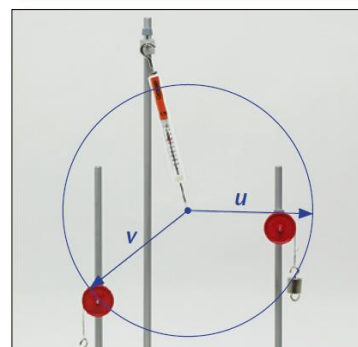
## Заклучения:

Тази постановка дава възможност да се проучи как се прилагат три сили, действащи едновременно в една точка. Ако точката е в покой, сумата от трите отделни сили е нула, както и резултатната сила. Ако всички сили се намират в същата равнина, както е показано, използвайки чертеж или снимка на конфигурацията, можете лесно да направите различни изчисления с помощта на геометрична програма. Ако изберете да използвате такава, първата стъпка е да представите като вектори силите, упражнявани от тежестите с куки. Това се прави по следния начин:

1. Импортирайте картината.
2. Маркирайте точката, където действа силата.
3. Начертайте кръг с подходящ радиус около точката (например  $r = 4.9$  за  $0.49\text{ N}$ ).

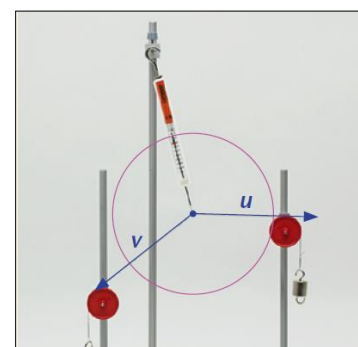


4. Изградете още две линии по двете дължини на връвта.
5. Маркирайте точките, в които те пресичат кръга.
6. Определете векторите между точката, в която силите действат и двете пресичания на кръга.

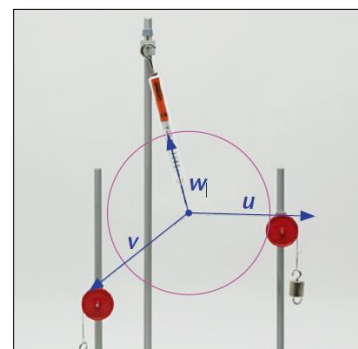


## Втора стъпка - да се получи вектор на измерваната сила.

1. Начертайте друг кръг около точката, където действа силата, с радиус, определен от измерената сила, като използвате същото мащабиране, както преди (например  $r = 3.2$ , ако измерената сила е  $0.32\text{ N}$ ).



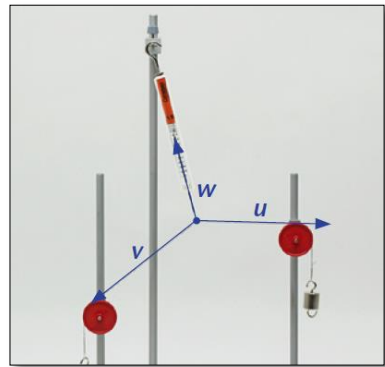
2. Постройте линия от точката, където действа силата в посока на динамометъра.
3. Намерете къде тази линия пресича периметъра на кръга.
4. Постройте вектор между точката, където са приложени силите и пресечната точка на кръга.



5. Последната стъпка е да съберете трите вектора.

$$\begin{pmatrix} 4.9 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -3.9 \\ -3.0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -0.8 \\ 3.1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.1 \end{pmatrix}$$

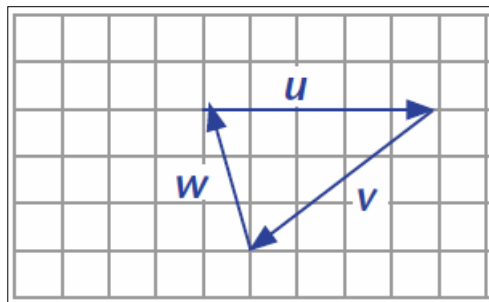
$u \qquad v \qquad w$



### Заклучения:

За използваното мащабиране 10 единици дължина  $\cong 1 \text{ N}$ , сумата съответства на сила от 0,01 N (0.02N).

Абсолютната стойност на тази сила е  $\sqrt{(0.02\text{N})^2 + (0.01\text{N})^2} \cong 0.22\text{N} \approx 0$ .  
В рамките на възможната прецизност резултатът потвърждава първия закон на Нютон.



## 3. Закон на Хук

Този експеримент проучва как разтягането на пружината зависи от силата, приложена върху нея.

В заключение ще изведете закона за силата, действаща върху пружината, и ще определите константите.

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос от две части	2
Спираловидна пружина	3
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсите	10
Метална ос, 50 мм	13
Тежест с две куки, 50 г, (x3)	15
Тежест с две куки, 25 г	21
Фиксираща втулка, 5 мм, (x2)	25

*Допълнително: Линийка (30 см)*

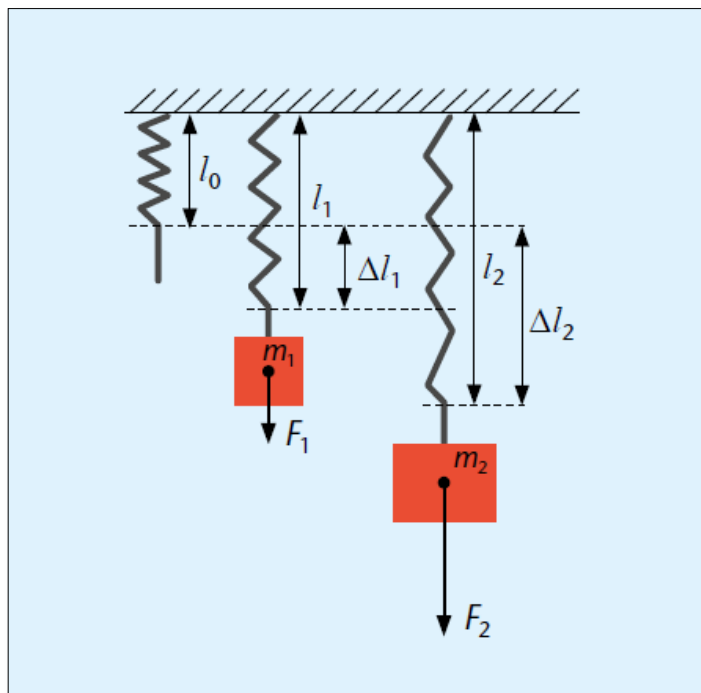


## Извършване на експеримента:

Добавете крачетата към профилната релса и сложете трите плъзгача върху нея. Поставете стабилизиращата ос в централния отвор на средния плъзгач и я удължете с другата ѝ част.

След това трябва да бъде прикрепен съединителя в горната част на оста така, че отворът с прорез да е ориентиран напред. В него закрепете късата метална ос.

В този експеримент за всяка приложена сила  $F_G$  се измерва дължината на пружината  $l$  и разтягането ѝ  $\Delta l = l - l_0$  от началната дължина  $l_0$ .



## Заклучения:

В този експеримент учениците трябва да открият линейната връзка между разтягането на спираловидната пружина и увеличението на натоварващата сила. За това са предвидени два работни листа с различна степен на трудност.

Терминът тегло се използва като определение за силата на гравитацията, на която се дължи разтягането на пружината. Масата на тежестта няма да се отрази на пружината, освен ако няма сила, която да създаде натоварване върху нея.

За да се помогне на учениците да изчислят сами силата на тежестта, в този експеримент не се използва динамометър. Ето защо някои от стойностите могат да бъдат оставени неизмерени, за да могат да бъдат изчислени.

Извадката с изчислените стойности е калкулирана за гравитационно ускорение  $g = 9,84 \text{ N / кг}$ .

За да се направят изводи, трябва да се начертае графика с абсциса и ордината (разширението на пружината и натоварването ѝ), за да се определи константата на пружината и от получените резултати да се изведе закона на Хук:

$$F = D \cdot \Delta l$$

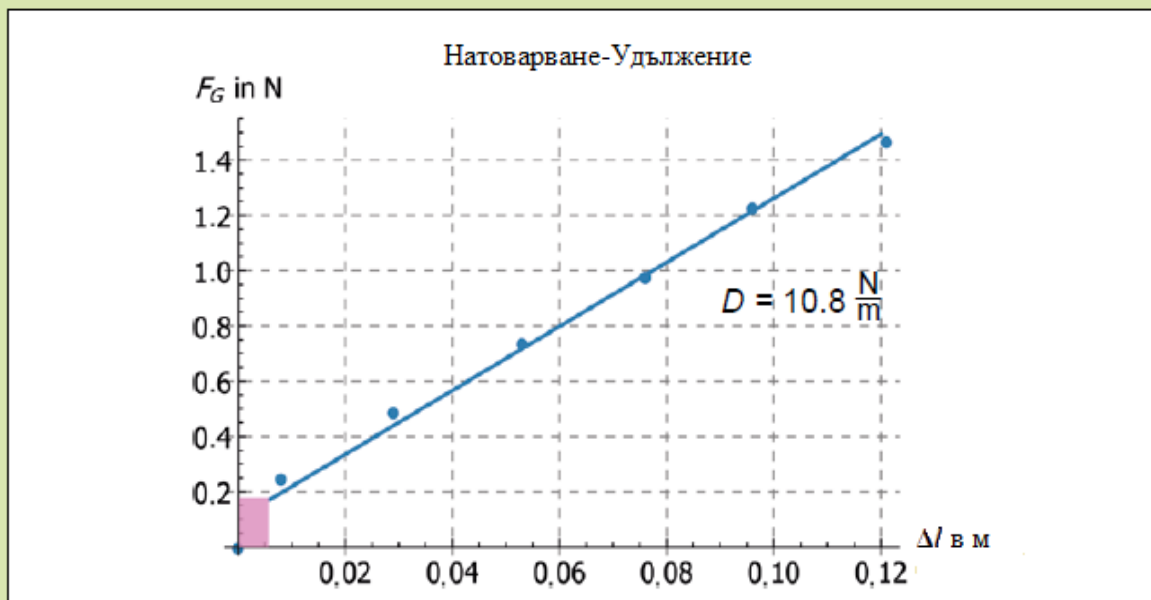
От извадката с измервания може да се види, че пружината има дължина 13,4 см и константа около 10,8 N / м.

Нелинейната част на графиката в началото е обозначена в розово. Като кратък практически експеримент можете да разрешите на учениците да измерят константата на спираловидна пружина като използват динамометър. Големината на разширението на пружината с товар от 1 N е 5,8 см. Това води до следния резултат за константата на пружината:

$$D = \frac{1 \text{ N}}{0.058 \text{ м}} \cong 17.2 \text{ N / м}$$

Пружина на динамометъра

Маса $m$ в кг	0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150
Товар $F_G$ в N	0.00	0.25	0.49	0.74	0.98	1.23	1.47
Дължина $l$ в м	0.134	0.142	0.163	0.187	0.210	0.230	0.255
Удължение $\Delta l$ в м	0.000	0.008	0.029	0.053	0.076	0.096	0.121



**В допълнение към този експеримент:**

Работни листи "Еластичност на пружина (1)" и "Еластичност на пружина (2)".

Спираловидната пружина се разтяга при дърпане. Как все пак разтягането е свързано със силата? Този експеримент има за цел да разгледа свойството "еластичност".

Каква очаквате да бъде връзката между силата и разтягането?

Очакване (колкото по-голяма е силата, толкова...):

\_\_\_\_\_

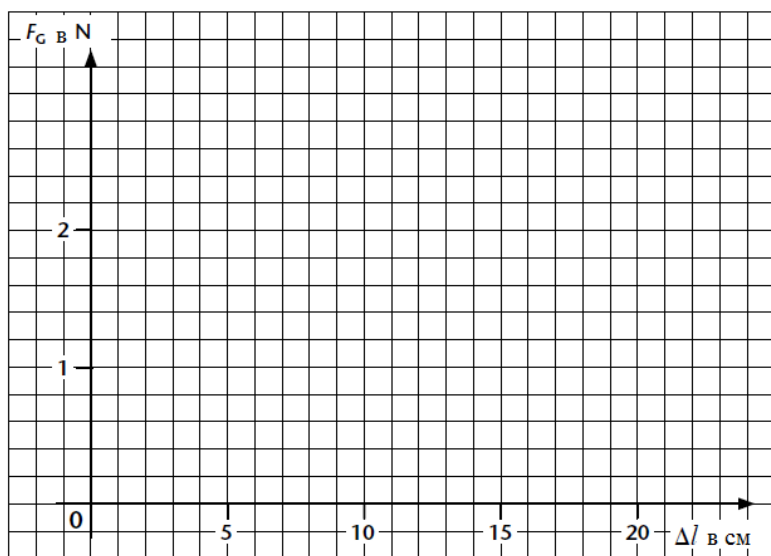
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



• Проверете дали вашите очаквания са верни.

Масата $m$ в кг	0	25	50	75	100	125	150
Теглото $F_G$ в N	0	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47
Дължина $l$ на пружината в см							
Разтягане $\Delta l$ на пружината в см							



Резултат (колкото по-голяма е силата , толкова ...):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Изведете уравнение, което приблизително описва резултатите:

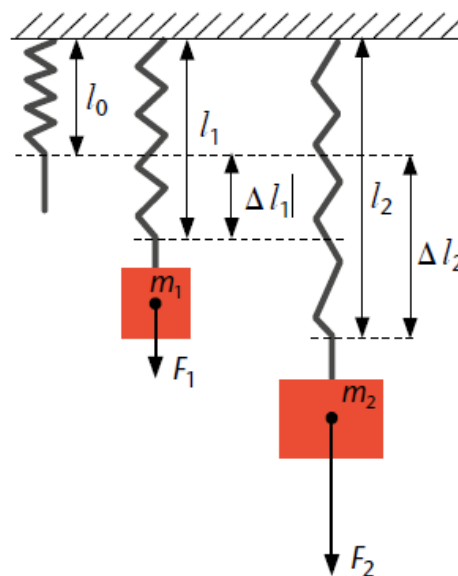
Спираловидната пружина се разтяга при дърпане. Как все пак разтягането е свързано със силата? Този експеримент има за цел да разгледа свойството "еластичност".



Процедура / измерване:

- Извършете експеримента, както е показано на диаграмата.
- Изчислете силите на теглото, които липсват в таблицата по-долу.
- За седемте тежести, измерете дължината на пружината и определете разтеглянето от тях.

Масата $m$ в кг	0	25	50	75	100	125	150
Теглото $F_G$ в N	0	0,25	0,49				
Дължина $l$ на пружината в см							
Удължение $\Delta l$ на пружината в см							



**Формула:**  

$$F_G = m \cdot g$$

**Заклучения:**

1. Начертайте диаграма на  $F_G$  и  $\Delta l$ .
2. Проверете дали имате права линия.
3. Обсъдете дали сте наблюдавали пропорционално или директно пропорционално отношение.

---



---



---



## 4. Център на тежестта и равновесието

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсата	10
Въже, 50 м / 0,5 мм	11
Метална ос, 50 мм	13
Тежести с две куки, 50 г	15
Фиксиращи втулки, 5 мм	25

*Допълнително: Ножици;  
Картонен шаблон (направете сами)*



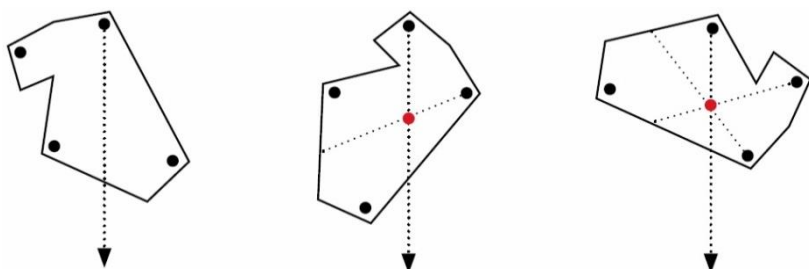
В експеримента ще се определи центърът на тежестта на случайна плоска форма. След това ще се изследва статичното равновесно положение на формата.

### **Извършване на експеримента:**

Прикрепете крачетата към профилната релса и сложете върху нея плъзгача. Поставете стабилизиращата ос и монтирайте върху нея съединителя. След това фиксирайте металната ос в отвора му. Изрежете неправилна форма от картон (вижте шаблона по-долу), пробийте отвори в ъглите и след това я окачете на металната ос, използвайки тези отвори. Вържете примки в краищата на 30-сантиметрово въже. То ще бъде използвано като отвес. Едната от примките е окачена върху металната ос, а тежестта се поставя на другия край на въжето. За да не се изплъзне, въжето е фиксирано с втулка върху металната ос. Трябва да се проследи линията на отвеса върху картона, за да се установят множеството подреждания на формата. Точката, която ги пресича, може да бъде маркирана. Това ще бъде така наречения център на шаблона.

### **Заклучения:**

Центърът на тежестта, или по-скоро центърът на произволна форма, се определя чрез експеримент. Центърът на тежестта, намерен по този начин, може да бъде тестван чрез балансиране на формата на един пръст.



*В допълнение към този експеримент: Работен лист "Равновесие".*

Ще научите как произволни форми могат да бъдат поставени в равновесие.

За това имате нужда от:

- Парче картон;
- Ножица;
- Перфоратор за хартия би бил полезен, но не е задължителен.



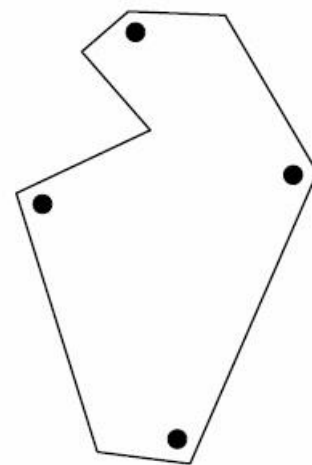
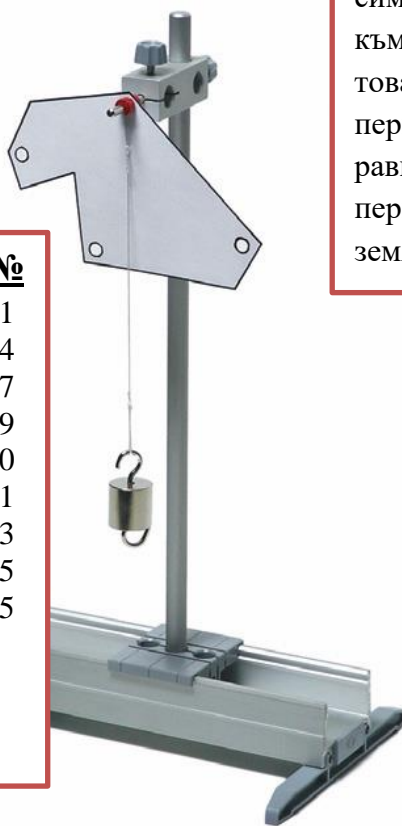
Отрежете от картон случайна форма. Бихте могли например да копирате формата, показана по-долу. Направете четири дупки близо до ръбовете. Те трябва да са възможно най-отдалечени една от друга.

Традиционният отвес се състои от симетрична метална тежест, прикрепена към края на тънко въже. В геометрията това е нормална права линия, която е перпендикулярна на друга линия или на равнина. Традиционният отвес е перпендикулярен на повърхността на земята.

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсата	10
Въже, 50 м / 0,5 мм	11
Метална ос, 50 мм	13
Тежести с две куки, 50 г	15
Фиксиращи втулки, 5 мм	25

*Допълнително: Ножици;  
Картонен шаблон (направете сами)*



- Настройте стойката, както е показано по-горе. Използвайте въжето и тежестта, за да направите отвес. Окачете картонената форма и отвеса върху металната ос. Проследете подравняването на отвеса с картона и маркирайте две точки /по линията на отвеса/. След това тази процедура трябва да се повтори, като окачите шаблона на всяка от другите три дупки.
- Трябва да откриете една специална точка. Проучете как тази точка е свързана с равновесието на формата.
- Картоненият шаблон е много обикновена форма, защото е тънък и теглото му е равномерно разпределено.
- Направете проучване на термините "център", "център на тежестта" и "център на масата". Използвайте това, за да напишете инструкции как се намира центърът на тежестта на дадено тяло.

## 5. Лостове – въртящ момент

5.1 Закони за лостовете - лост от 1-ви род.

5.2 Закони за лостовете - лост от 2-ри и 3-ти род.

Ще бъдат обяснени законите за лостовете от 1, 2 и 3-ти род.

След това ще бъде въведена концепцията за въртящ момент.

### 5.1. Закони за лостовете - лост от 1-ви род

#### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсите	10
Метална ос, 50 мм	13
S-образна кука, (x2)	14
Тежест с две куки, 50 г, (x3)	15
Лостово рамо с отвор	19
Тежест с две куки, 25 г	21
Фиксираща втулка, 5 мм, (x2)	25



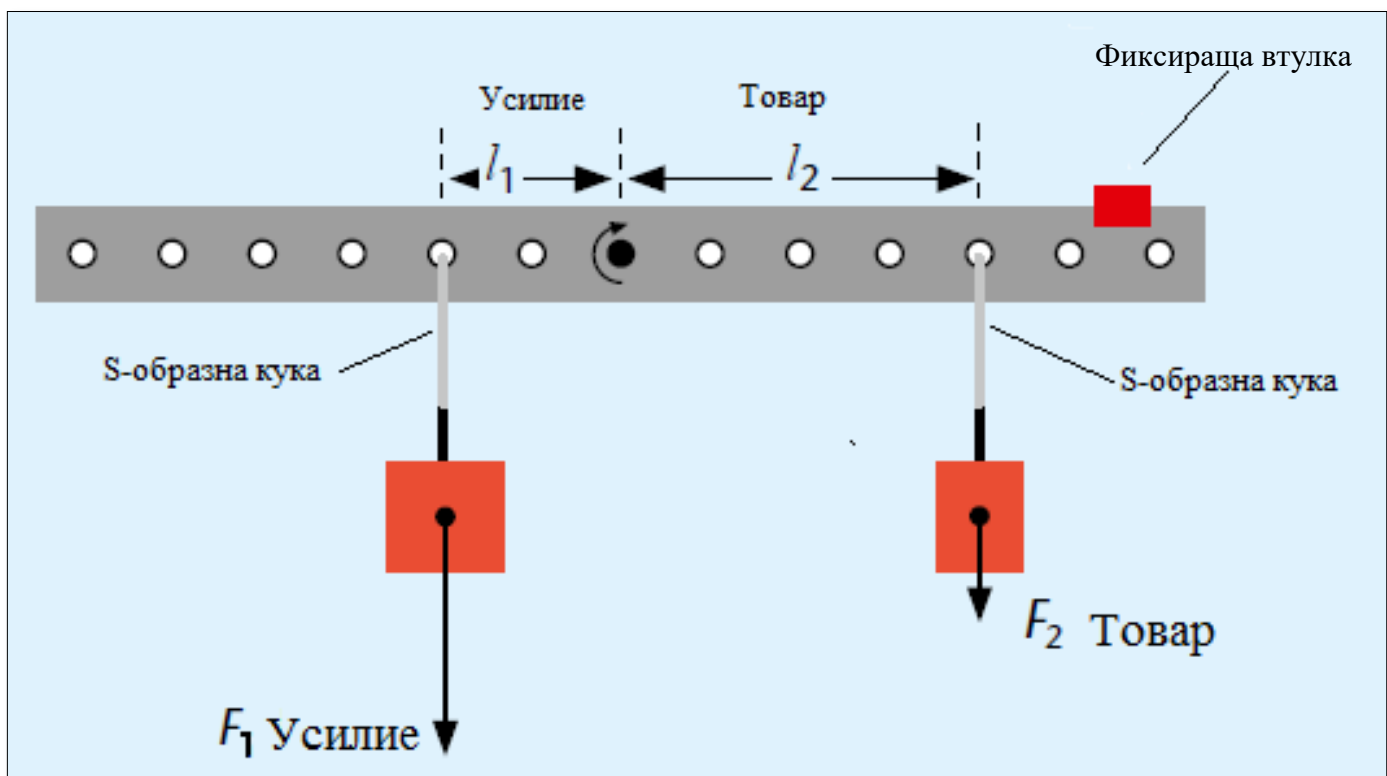
#### **Извършване на експеримента:**

Прикрепете крачетата към профилната релса и сложете плъзгача върху нея. Поставете стабилизиращата ос в централния му отвор и прикрепете съединителя в горния ѝ край. След това фиксирайте късата метална ос в отвора на съединителя.

Лостовото рамо се прикрепя към металната ос с помощта на червената втулка. След това се ограничава с помощта на две фиксиращи втулки така, че да може лесно да се върти.

Ако е необходимо, може да се добави още една фиксираща втулка от едната страна на лоста, така че да е уравновесен и хоризонтален.

В този експеримент се измерват силата  $F_1$ , приложена върху лоста (наречена “усилие“) и разстоянието  $l_1$  до опорната точка. Измерването ще покажете как зависят от силата на натоварване  $F_2$  и разстоянието  $l_2$  до опорната точка.



## 5.2. Закони за лостовете - лост от 2-ри и 3-ти род

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсите	10
Метална ос, 50 мм	13
S-образна кука	14
Тежести с две куки, 50 г, (x3)	15
Лостово рамо с отвор	19
Динамометър	20
Тежест с две куки, 25 г	21
Фиксиращи втулки, 5 мм, (x2)	25

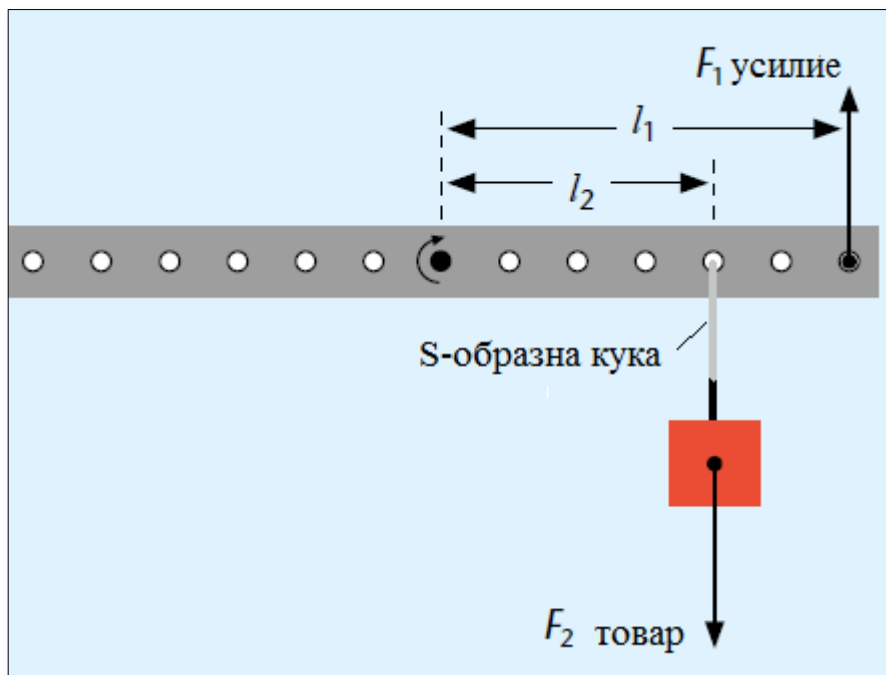


### **Извършване на експеримента:**

Прикрепете крачетата към профилната релса, сложете плъзгача върху нея, а в него поставете стабилизираща ос. Закрепете съединителя в горния ѝ край. След това поставете малката метална ос в отвора на съединителя. Нанижете лостовото рамо на металната ос, така че двете му страни да са с еднаква дължина. След това го

ограничете с две фиксиращи втулки, така че да може лесно да се върти. Динамометърът трябва да бъде калибриран и прикрепен в желаната позиция, като лостът трябва да е в хоризонтално положение. След това върху лоста се закача тежест с кука, а динамометърът се използва за запазване на хоризонтално ниво на лоста. Динамометърът трябва да се държи под прав ъгъл спрямо рамото на лоста, както е показано.

В този експеримент се измерват усилието  $F_1$  и разстоянието  $l_1$  до опорната точка, за да се намери връзката със силата на натоварване  $F_2$  и разстоянието  $l_2$  до опорната точка.



### Заклучения:

И двата експеримента демонстрират закона на лостове.

### Лостове от 1-ви род:

Изпълнението на този експеримент ще бъде улеснено, ако предварително са обяснени условията за равновесие.

Учениците вече трябва да знаят смисъла на израза "в равновесие". За опростяване на експеримента по-нататък теглата ще бъдат изчислявани с помощта на  $g = 10 \text{ N / kg}$  за гравитационно ускорение. Определете разстоянието до опорната точка с плюс и минус представящи посоката, в която лостът ще се завърти. Когато товарът действа отляво на опорна точка, тези разстояния ще се маркират с отрицателен знак.

Разстоянията от страната на усилието на лост от 1-ви род ще се маркират с положителен знак.

Законът за лостовите може да бъде извлечен от условието за равновесие:

$$F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 = 0$$

или опростената версия:

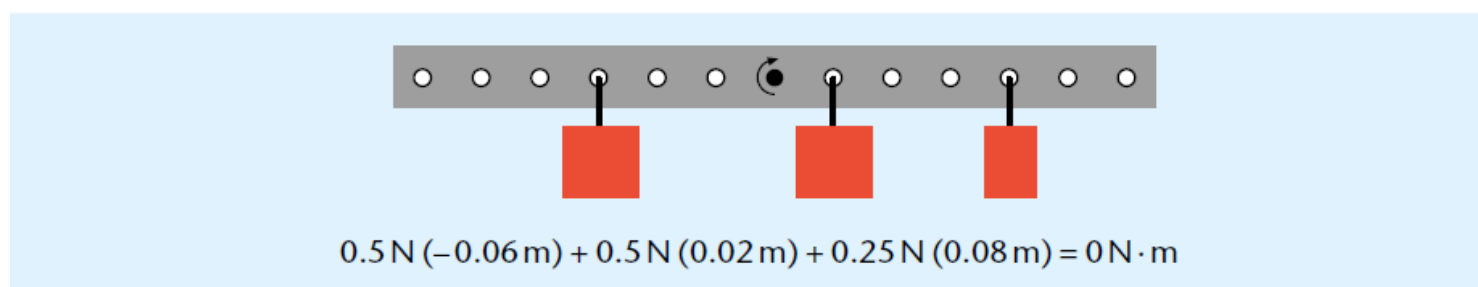
$$|F_1 \cdot l_1| = |F_2 \cdot l_2|.$$

Ако бъде представена идеята за въртящия момент  $M$ , който е продукт на силата и разстоянието до опорната точка, е възможно да се направи обща формулировка за равновесие на лост.

$$\sum_{k=0}^n M_k = 0$$

Тази формула може да се използва за изчисляване на равновесно положение на лост с множество товари върху него.

$F_2$ в N	$l_2$ в m	$M_2$ в N·m	$F_1$ в N	$l_1$ в m	$M_1$ в N·m	$M_1 + M_2$ в N·m
0.50	-0.04	-0.020	0.25	0.08	0.020	0.000
0.75	-0.02	-0.015	0.25	0.06	0.015	0.000
1.00	-0.02	-0.020	0.25	0.08	0.020	0.000
0.50	-0.02	-0.010	0.25	0.04	0.010	0.000
0.50	-0.04	-0.020	1.00	0.02	0.020	0.000
0.50	-0.06	-0.030	0.75	0.04	0.030	0.000



### Лостове от 2-ти и 3-ти род:

В експеримента се използва динамометър. Теглата се изчисляват, като се използва приблизително земно ускорението  $g = 10 \text{ N} / \text{кг}$ . По време на експеримента трябва да се внимава рамото на лоста да е хоризонтално и динамометърът да е под прав ъгъл спрямо лоста. От това положение се правят измерванията.

Определете разстоянието до опорната точка с плюс и минус, представящи посоката, в която ще се завърти лостът.

При лост от 1-ви род, измерванията на натоварването са с положителни знаци. Следователно измерванията на усилието имат отрицателен знак.

Сумата от моментите съответства на законите на лостовете и може да се използва за дискусия относно грешките.

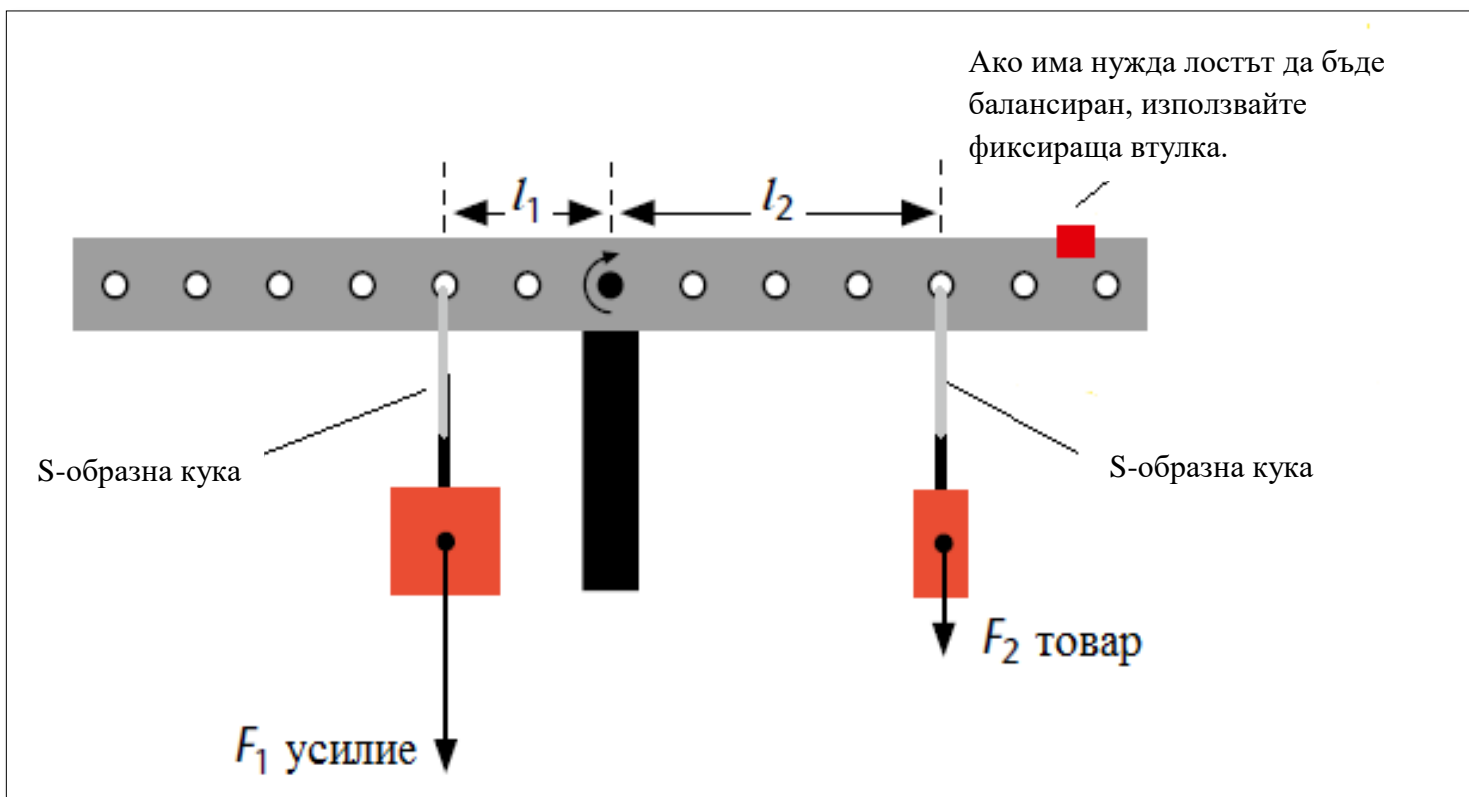
$F_2$ в N	$l_2$ в m	$M_2$ в N·m	$F_1$ в N	$l_1$ в m	$M_1$ в N·m	$M_1 + M_2$ в N·m
0.50	0.02	0.010	-0.18	0.06	-0.011	-0.001
0.50	0.04	0.020	-0.32	0.06	-0.019	0.000
0.50	0.08	0.039	-0.66	0.06	-0.040	0.000
0.25	0.02	0.005	-0.06	0.06	-0.004	0.001
0.25	0.10	0.025	-0.40	0.06	-0.024	0.001
0.25	0.06	0.015	-0.76	0.02	-0.015	0.000

**В допълнение към този експеримент:**

Работни листи "Закон за лостовете (1)" и "Закон за лостовете (2)".

Този експеримент изследва какви условия са необходими лост от 1-ви род да бъде в равновесие.

- Подгответе експеримента, както е показано в илюстрацията.



- Защо тази подредба е еквивалентна на лост от първи род?

---



---

- Има много начини за привеждане на лоста в равновесие. Два от тях са изброени в таблицата по-долу. Опитайте се да намерите още и ги добавете в таблицата.

$F_1$ в N	$l_1$ в m	$F_1 \cdot l_1$	$F_2$ в N	$l_2$ m	$F_2 \cdot l_2$
0.50	-0.04		0.25	0.08	
0.75	-0.02		0.25	0.06	

Съвети за измерванията:

Тъй като трябва да измервате разстояние от опората, внимавайте със знаците.



Да се упражнява:

$$F_G = m \cdot g \text{ където } g \cong 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

Маса	Тегло
25 g	0.25 N
50 g	0.50 N
75 g	0.75 N
100 g	1.00 N

**Заклучения:**

1. Изчислете големините на силите и съответните разстояния.
2. Намерете уравнение, което точно описва вашите измервания.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

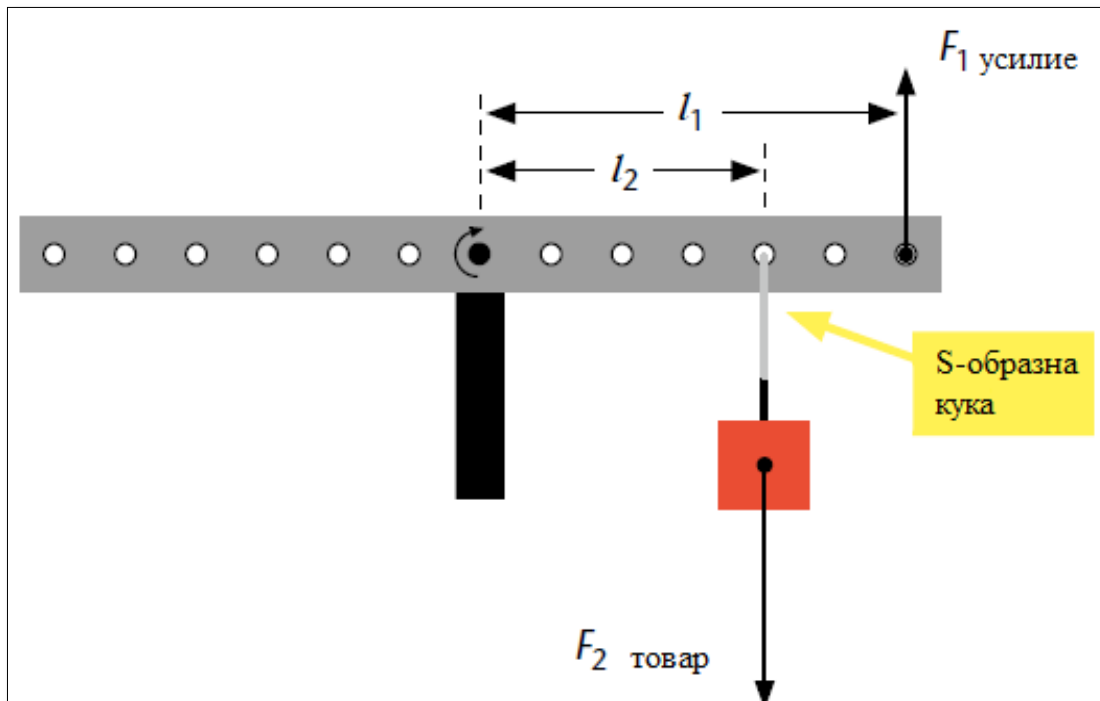
---

---

---

Този експеримент изследва какви условия се изискват за лост от 2-ри род да бъде в равновесие.

- Подгответе експеримента, както е показано на илюстрацията. След това калибрирайте манометъра в скобата за задържане.



- Защо тази подредба е еквивалентна на лост от втори род?

---



---

- Внимателно прочетете съветите за измерванията.
- Измерете стойностите на  $F_2$ , които липсват в таблицата по-долу, и ги добавете в нея. Разстоянията на усилието и товара до опорната точка не са посочени в оцветените клетки, както и размера на товара, за да можете да изберете тези стойности сами.

$F_1$ в N	$l_1$ в m	$F_1 \cdot l_1$	$F_2$ в N	$l_2$ в m	$F_2 \cdot l_2$
0.50	0.02			0.06	
0.50	0.04			0.06	
0.50	0.08			0.06	
0.25				0.06	

**Съвети за измерванията:**  
Обърнете внимание на знака за силите. Уверете се, че динамометърът винаги е под прав ъгъл и е в хоризонтално положение.

Да се упражнява:

$$F_G = m \cdot g \text{ където } g \cong 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

Маса	Тегло
25 g	0.25 N
50 g	0.50 N

**Заклучения:**

1. Изчислете големините на силите и съответните разстояния.
2. Намерете уравнение, което точно описва вашите измервания.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

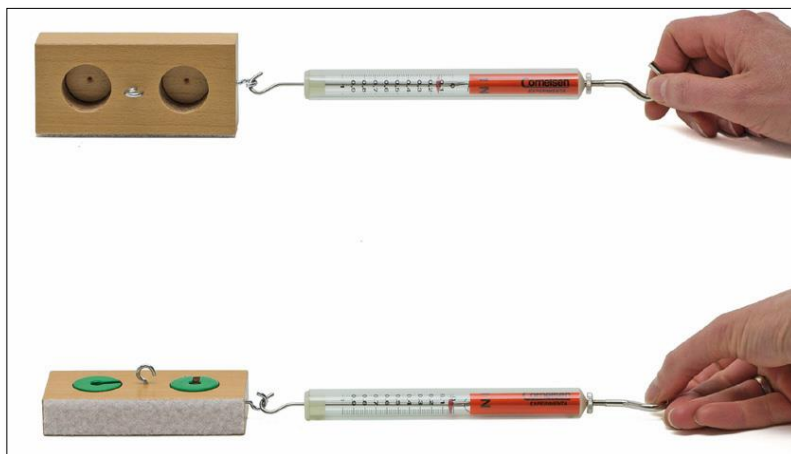
---

---

---

---

## 6. Статично и динамично триене



### Материали / Компонент №

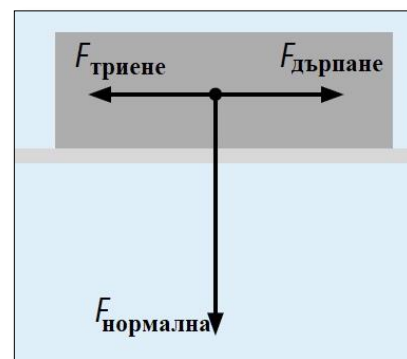
Фрикционен блок с отвори	12
Дискови тежести, 50 г, зелени	18
Динамометър, 1 N	20

Изследва се зависимостта на статичното и динамичното триене от нормалните сили, коефициентите на триене и естеството на повърхността. Измерванията ще бъдат статистически изчислени по разбираем за учениците начин.

### **Извършване на експеримента:**

Използвайте предварително калибрирания динамометър, за да измерите първо теглото на фрикционния блок ( $m = 0,070$  кг). Тогава поставете блока върху хоризонтална повърхност и закачете за него куката на динамометъра. Сега статичното триене  $F_{\text{статично}}$  ще бъде измерено чрез хоризонтално издърпване на уреда с увеличаваща се сила, докато блокът започне да се движи. За измерване на динамичното триене  $F_{\text{динамично}}$  блокът отново трябва да бъде изтеглен, но силата трябва да е еднаква (т.е. изтеглянето се извършва с постоянна скорост над повърхността). При извършване и на двете измервания могат да се допуснат грешки, така че опитите трябва да се извършват многократно и да се оценяват статистически.

Силите на триене могат да бъдат измервани многократно за различни контактни зони А и за различни материали. Фрикционният блок може да се направи и по-тежък, като се поставят в него тежести от 50 г.



### **Заклучения:**

Този експеримент демонстрира законите за триене на Амонтън. Предполага се, че учениците вече разбират статичното и динамичното триене и за упражнение са предвидени въпроси в работния лист. При измерванията с динамометър може да се допусне човешка грешка, поради което е необходимо стойностите да бъдат осреднявани за извличане на правилни заключения. Триещите сили са изчислени от четири отделни измервания. Следните закони могат да бъдат изведени (вижте таблиците на следващата страница).

Статичното триене $F_{\text{стат}}$ е правопрпорционално на нормалната сила $F_{\text{нормална}}$ .			
$F_{\text{статична}}$ в N	$F_{\text{нормална}}$ в N	A см <sup>2</sup>	Контакт
0.22	0.76	52.5	Дърво / Маса
0.31	1.25	52.5	Дърво / Маса
0.42	1.74	52.5	Дърво / Маса
0.20	0.76	21.0	Дърво / Маса
0.34	1.25	21.0	Дърво / Маса
0.49	1.74	21.0	Дърво / Маса
0.18	0.76	21.0	Фрикц.плат / Маса
0.31	1.25	21.0	Фрикц.плат / Маса
0.49	1.74	21.0	Фрикц.плат / Маса

Динамичното триене $F_{\text{динамично}}$ е правопрпорционално на нормалната сила $F_{\text{нормална}}$ .			
$F_{\text{динамична}}$ в N	$F_{\text{нормална}}$ в N	A см <sup>2</sup>	Контакт
0.11	0.76	52.5	Дърво / Маса
0.22	1.25	52.5	Дърво / Маса
0.25	1.74	52.5	Дърво / Маса
0.10	0.76	21.0	Дърво / Маса
0.16	1.25	21.0	Дърво / Маса
0.21	1.74	21.0	Дърво / Маса
0.15	0.76	21.0	Фрикц.плат / Маса
0.24	1.25	21.0	Фрикц.плат / Маса
0.33	1.74	21.0	Фрикц.плат / Маса

Статичното триене $F_{\text{стат}}$ не зависи от размера на контактната повърхност A.			
$F_{\text{стат}}$ в N	$F_{\text{нормална}}$ в N	A см <sup>2</sup>	Контакт
0.22	0.76	52.5	Дърво / Маса
0.31	1.25	52.5	Дърво / Маса
0.42	1.74	52.5	Дърво / Маса
0.20	0.76	21.0	Дърво / Маса
0.34	1.25	21.0	Дърво / Маса
0.49	1.74	21.0	Дърво / Маса

Динамичното триене $F_{\text{динамично}}$ не зависи от размера на контактната повърхност A.			
$F_{\text{стат}}$ в N	$F_{\text{нормална}}$ в N	A см <sup>2</sup>	Контакт
0.11	0.76	52.5	Дърво / Маса
0.22	1.25	52.5	Дърво / Маса
0.25	1.74	52.5	Дърво / Маса
0.10	0.76	21.0	Дърво / Маса
0.16	1.25	21.0	Дърво / Маса
0.21	1.74	21.0	Дърво / Маса

Коефициентите на триене, определени тук, показват, че динамичното триене е по-малко в сравнение със статичното триене. За да се демонстрира ефектът от коефициентите на триене, се препоръчва използването на по-груби материали или смазване. За коефициентите на триене  $\mu$  са получени следните стойности:

$F_{\text{стат}}$ в N	$F_{\text{норм}}$ в N	A см <sup>2</sup>	Контакт	$F_R/F_N$	$\mu$
0.22	0.76	52.5	Дърво / Маса	0.29	0.26
0.31	1.25	52.5	Дърво / Маса	0.25	
0.42	1.74	52.5	Дърво / Маса	0.24	
0.20	0.76	21.0	Дърво / Маса	0.26	
0.34	1.25	21.0	Дърво / Маса	0.27	
0.49	1.74	21.0	Дърво / Маса	0.28	
0.18	0.76	21.0	Фр.плат/ Маса	0.24	0.25
0.31	1.25	21.0	Фр.плат/ Маса	0.25	
0.49	1.74	21.0	Фр.плат/ Маса	0.28	

$F_{\text{дин}}$ в N	$F_{\text{норм}}$ в N	A см <sup>2</sup>	Контакт	$F_R/F_N$	$\mu$
0.11	0.76	52.5	Дърво / Маса	0.14	0.14
0.22	1.25	52.5	Дърво / Маса	0.17	
0.25	1.74	52.5	Дърво / Маса	0.14	
0.10	0.76	21.0	Дърво / Маса	0.13	
0.16	1.25	21.0	Дърво / Маса	0.12	
0.21	1.74	21.0	Дърво / Маса	0.12	
0.15	0.76	21.0	Фр.плат/ Маса	0.20	0.19
0.24	1.25	21.0	Фр.плат/ Маса	0.19	
0.33	1.74	21.0	Фр.плат/ Маса	0.19	

- Обяснете разликата между статичното и динамичното триене:

---



---



---

Разгледайте как триещите сили зависят от следното:

- а) естеството на материалите, които се трият заедно;
- б) теглото  $F_G$  на движещото се тяло;
- в) контактната повърхност между телата.

За резултата си винаги изчислявайте средната стойност от най-малко три отчитания. За всяко от вашите измервания запишете следните подробности във вашата упражнителна тетрадка.

**Пример за осредняване**

$$\text{Средна стойност} = \frac{\text{Сума на стойностите}}{\text{Брой на стойностите}}$$

$$F_1 = 10 \text{ N}, F_2 = 20 \text{ N}, F_3 = 12 \text{ N}$$

$$F_{\text{CP}} = \frac{10 \text{ N} + 20 \text{ N} + 12 \text{ N}}{3}$$

$$F_{\text{CP}} = \frac{42 \text{ N}}{3}$$

$$F_{\text{CP}} = 14 \text{ N}$$

	Материал на блока _____
	Материал на повърхността _____
	Тегло на блока _____
	Контактна повърхност _____
<p><b>Съвет за измерването:</b> При измерване на динамичното триене обърнете внимание, че движите тялото с постоянна скорост.</p>	<b>Измервания</b>
	1                      2                      3                      Ø
<b>Динамично триене</b>	
<b>Статично триене</b>	

Материал	Коефициенти на триене	
	Статично (сухо)	Динамично (сухо)
Стомана в стомана	0.15 - 0.30	0.06 - 0.20
Дърво в метал	0.60 - 0.70	0.40 - 0.50
Дърво в дърво	0.40 - 0.60	0.20 - 0.40
Дърво в пластмаса	0.20 - 0.35	0.10 - 0.25
Гума в асфалт	0.70 - 0.80	0.50 - 0.60
Кожа в метал	0.30 - 0.50	0.50 - 0.60

**Заклучения:**

1. Как са свързани измерванията?

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

в) \_\_\_\_\_

2. Сравнете статичното и динамичното триене на базата на вашите измервания.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Коефициентът на триене  $\mu$ , който зависи от въпросните материали, се определя като съотношението на триещата сила и теглото на телата в хоризонтална повърхност  $\mu = F_{\text{триене}} / F_G$ . Определете коефициентите на триене на някои от вашите измервания и сравнете резултатите си със стойностите, описани в таблиците.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 7. Наклонени равнини



### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Профилна релса, 360 мм	6
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев, (x2)	9
Двойка крачета за релсата	10

S-образна кука	14
Дискови тежести, 50 г, (x2)	18
Динамометър, 1N	20
Количка (a) с ос (b)	23
Метална ос, 80 мм	24

*Допълнително: Транспортир.*

Правят се измервания на количка, поставена върху наклонена равнина, за да се определят връзките между силата и ъгъла на наклона при различни маси на количката.

### **Извършване на експеримента:**

Прикачете крачетата към късата релса и поставете плъзгача в единия ѝ край. В централния му отвор вкарайте стабилизиращата ос. Поставете съединителя в долната ѝ част така, че предната страна с прореза да е обърната по протежение на релсата. Пъхнете в прореза металната ос и я закрепете на място. Вкарайте другия ѝ край в отвора на дългата релса, както е показано. Ако използвате релсите без крака, трябва да внимавате да не надраскате повърхността отдолу.

Чрез преместване на съединителя по протежение на оста може да се променя ъгъла на наклона  $\alpha$ , сключен между релсата и равната повърхност.

Първо фиксирайте оста (23b) в количката. Закрепете я върху наклонената профилна релса ( $m = 104$  г) и закачете куката на предварително калибрирания динамометър към отвора в единия ѝ край, като за свързка използвате S-образната кука. Издърпайте количката по наклона нагоре, като внимавате винаги да я държите успоредно на профилната релса. Динамометърът ще покаже силата по протежение на количката. Отчетете резултата, докато дърпате.

Експериментът включва проверка на това как силата, действаща надолу по равнината  $F_{\text{равнина}}$  зависи от ъгъла на наклона  $\alpha$ . След това цялата процедура трябва да се повтори с допълнително натоварване от една или две тежести от 50 г, за да се

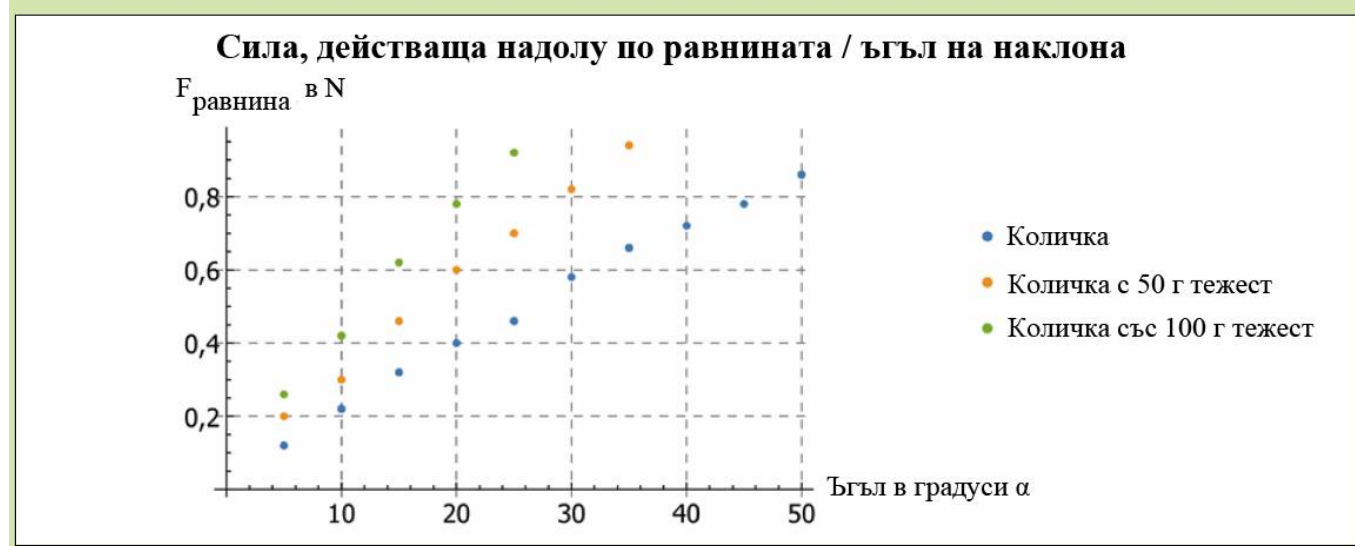


изследва как силата, действаща надолу по равнината  $F_{\text{равнина}}$  зависи от нормалната сила  $F_{\text{нормална}}$ .

### Заключения:

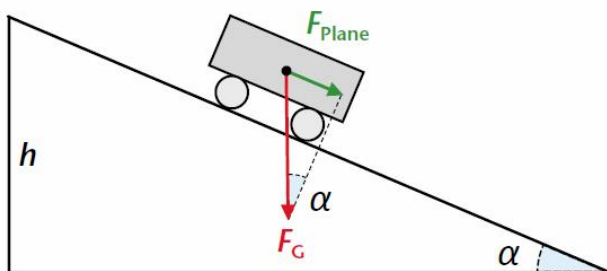
Експериментът измерва връзката между силата, действаща надолу по равнината и ъгъла на наклона. Количката и оста ѝ имат маса 0.104 кг, което означава, че теглото им е приблизително 1.02 N. Когато оста започне все повече да влияе върху измерванията, ъгълът на наклона също се увеличава. В работния лист могат да се опишат само измерванията до ъгъл от 50°. Това означава, че нелинейността може да се види в експеримента. Пряката пропорционалност между силите, успоредни на равнината, и нормалната сила, перпендикулярна на нея, могат лесно да се видят от коефициентите в таблицата. За да определите синусоидалната форма на диаграмата, направете измервания с допълнителни ъгли при наклон до 70°. Решението на въпрос 4, където максималната сила по дължината на релсата е равна на теглото, също помага при идентифицирането на синусоидалната крива:

$\alpha$	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	90°
$F_{\text{рав. 1}}$ в N	0.12	0.22	0.32	0.40	0.46	0.58	0.66	0.72	0.78	0.86	0.86	0.90	0.92	0.94	1.02
$F_{\text{рав. 2}}$ в N	0.20	0.32	0.46	0.60	0.70	0.82	0.94	x	x	x					1.51
$F_{\text{рав. 3}}$ в N	0.26	0.42	0.62	0.78	0.92	x	x	x	x	x					2.00
$F_{\text{рав. 2}} / F_{\text{рав. 1}}$	1.67	1.45	1.44	1.50	1.52	1.41	1.42	$\emptyset = 1.49$							
$F_{\text{рав. 3}} / F_{\text{рав. 1}}$	2.17	1.91	1.94	1.95	2.00			$\emptyset = 1.99$							



В допълнение към този експеримент: Работен лист "Наклонени равнини".

По наклонена равнина телата се издърпват надолу по равнината с част от собственото им тегло. Тази сила, успоредна на равнината, зависи от ъгъла на наклона на равнината и теглото на тялото. Експериментът проучва тези взаимоотношения.



**Наклонени равнини**  
 Под наклонена равнина се разбира повърхност, която е наклонена спрямо хоризонталата.

**Процедура:**

- Измерете теглото  $F_G$  на количката с фиксиращата ос, завинтена върху нея, и въведете резултата си в колоната  $\alpha = 90^\circ$  в таблицата с измервания.
- Изчислете теглото с добавена допълнителна тежест (50 г и 100 г) и въведете резултатите в таблицата.
- Постройте наклонена равнина, както е показано.
- Внимателно прочетете съветите за измерване. След това определете силата, издърпваща количката надолу по равнината. Използвайте таблицата с дадените ъгли на наклона и определените начални тегла.

									$F_G$
	$\alpha$	$5^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$90^\circ$
$F_{\text{равнина, 0}}$	в N								
$F_{\text{равнина, 50}}$	в N								
$F_{\text{равнина, 100}}$	в N								

**Съвети за измерванията:**

По време на измерванията, количката трябва да се издърпа леко и равномерно по наклона.  
 Винаги се старайте да запазите силовия уред успореден на наклона.  
 Въведете "x" в таблицата, ако силата е извън диапазона за измерване.

**Заклучения:**

1. Начертайте графиката на ъгъла на наклона спрямо силата, успоредна на равнината.
2. Опишете връзката между ъгъла на наклона и силата, успоредна на равнината, показана на графиката.
3. Опишете връзката между тежестта и силата, успоредна на равнината, показана на графиката.
4. Обсъдете ъгъла, при който силата по протежение на равнината ще бъде максимален. Каква ще бъде стойността на силата под този ъгъл?

## 8. Деформация

Пластичната и еластичната деформации ще бъдат изследвани в два експеримента. Изследва се еластичната деформация на пружинна пластина, за да се определи дали има линейна връзка между огъването на пружината и приложената сила. Ще бъде изследвана и пластичната деформация на пясъка, за да се види дали диаметърът на дупката, образувана от паднала в пясъка стоманена топка, е линейно зависим от височината, от която пада топката.

### 8.1. Еластична деформация – пружинна пластина

#### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсата	10
Тежести с две куки, 50 г, (x3)	15
Пружинна пластина, 150/16 мм	17
Тежест с две куки, 25 г	21

*Допълнително: Линия (30 см).*



#### **Извършване на експеримента:**

Прикрепете крачетата към профилната релса, поставете плъзгач върху нея и поставете оста в центъра ѝ. Пружинната пластина е разположена както е показано, като краят ѝ без отвор е закрепен в прореза на съединителя. В другия ѝ край са окачени тежестите с куки ( $F_G$ ), а вертикалната деформация  $\Delta u$  се измерва с помощта на линия.

## 8.2. Пластична деформация – пясък

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Пластмасов съд	5
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсата	10
Метална ос, 50 мм	13
Стоманена топка	27

*Допълнително: Линия (30 см); Пясък.*



### **Извършване на експеримента:**

Прикрепете крачетата към профилната релса и сложете плъзгача в единия ѝ край. Поставете оста в централния му отвор. В горната част на оста прикрепете съединителя така, че страната му с прореза да е обърната по протежение на релсата. Металната ос е вкарана в прореза и закрепена на място. В този експеримент тя ще служи за маркиране на височината  $h$ . Напълнете пластмасовата купа с пясък с височина 2 см и я поставете под оста, както е показано. След това стоманената топка ще бъде пусната от предварително определена височина  $h$  и ще се измери диаметърът  $d$  на дупката, отпечатана от топката. След всеки опит пясъкът се заравнява, така че да може да се направи ново измерване. Експериментът ще бъде повторен за различни височини  $h$ .

### **Заключения:**

Вече сме открили няколко линейни зависимости в горните експерименти:

- Тегло и маса;
- Удължаване (разтягане) на пружина и нейното натоварване;
- Триене и нормална сила;
- Сила по протежение на равнина и нормална сила.

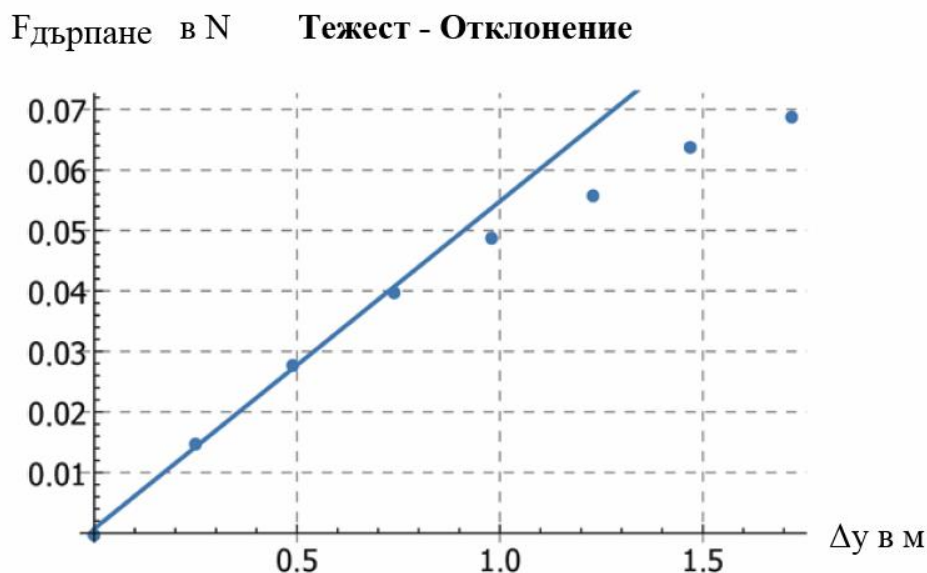
По-голямата част от учебните планове включват проверка за такива пропорционални зависимости. Това може да означава и изследване за непропорционални връзки. Някои от учебните планове изрично изискват това. Ето

защо в двата експеримента за деформация ще проверите дали съществуват непропорционални връзки.

### Пружинна пластина:

Огъването на пружинната пластина е пример за еластична деформация. Тук отново се използват и практикуват техниките, използвани в експеримента за Закона на Хук. Упражнява се също и изчисляването на теглото от масата. Сравнението на правопрпорционалната връзка с примерната графика показва, че отношението между натоварването и огъването не е линейно. Независимо от това, линейната връзка е все още добра приблизителна стойност за натоварвания до 0,8 N. В този експеримент може да се включи дискусия относно методи за прилагане на почти линейни връзки. Има възможност да се извърши допълнителен експеримент, изследващ огъването за различни дължини на пружинната пластина.

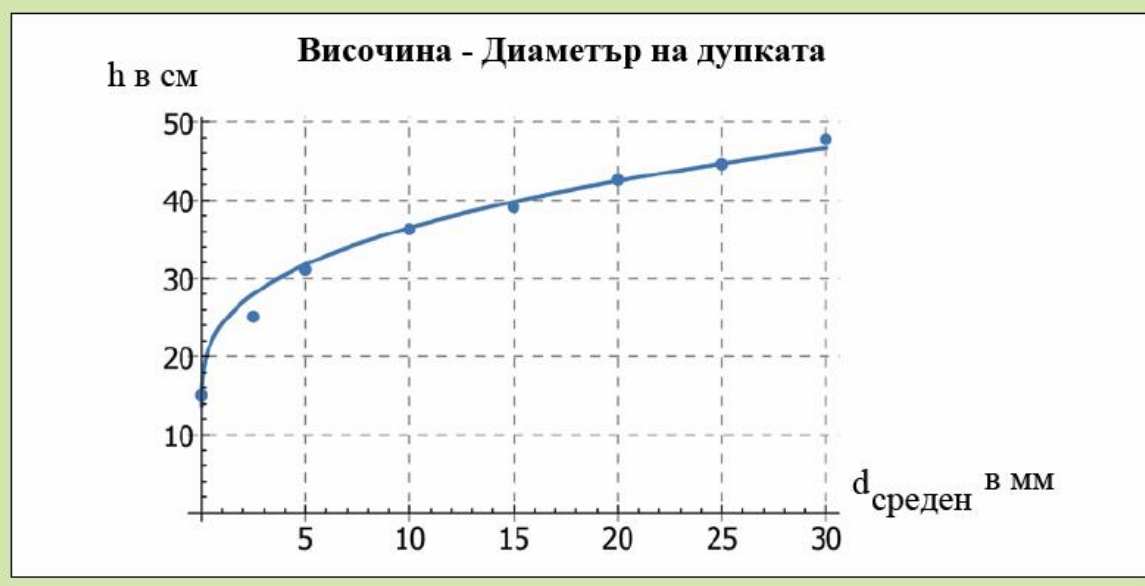
Маса $m$ в кг	0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175
Г тежест в N	0.00	0.25	0.49	0.74	0.98	1.23	1.47	1.72
Височина $h$ в м	0.300	0.285	0.272	0.26	0.251	0.244	0.236	0.231
Отклонение $\Delta u$ в м	0.000	0.015	0.028	0.04	0.049	0.056	0.064	0.069



## Заклучения – продължение: Дупка в пясъка

Дупката, която се появява, когато стоманената топка се приземи в пясъка, е пример за пластична деформация. Измерванията на диаметъра  $d$  и височината на падане  $h$  показват, че съществува връзка  $d \sim \sqrt[3]{h}$ , т.е. връзката не е линейна. Тъй като това не е част от учебната програма, експериментът може да се използва най-добре като практикуване с експериментално оборудване и методи. В допълнение към официалните упражнения, като писане на доклад, учениците трябва да работят и върху това как да измерят дупката. За тази цел трябва да се направят три измервания на проби от различни височини. В таблицата диаметрите на дупката  $d$  се считат за максималното разстояние между непроменените части на пясъка, както би било обичайно при реални научни експерименти. В нашия експеримент може лесно да се види нелинейността между височината и диаметъра на дупката. Допълнително може да се направи мини-конкурс с цел да се познае височината, от която е изпусната топката, като се знае само диаметърът на дупката, а самото падане не е наблюдавано. Ако искате да проучите тази тема в техническите публикации, трябва да потърсите "ниско-скоростни удари в сухи гранулирани среди".

Височина $h$ в см	$d_{\text{среден}}$ в мм	$d_1$ в мм	$d_2$ в мм	$d_3$ в мм	$d_4$ в мм
30.0	48.0	47	47	46	52
25.0	44.8	43	43	42	51
20.0	42.8	41	41	39	50
15.0	39.3	39	41	37	40
10.0	36.5	37	36	34	39
5.0	31.3	32	29	30	34
2.5	25.3	22	26	26	27
0.0	15.3	16	12	17	16



В допълнение към този експеримент: Работни листи "Еластична деформация" и "Пластична деформация".

Един от възможните ефекти на силата е деформацията. Ако тялото възобнови предишната си форма, след като силата вече не се прилага, ние наричаме тази деформация "еластична". Спираловидната пружина например, показва еластичен отговор, стига товарът да не е толкова голям, че да причини прекомерно удължаване. Когато е необходимо да се осигури пружинно окачване за много тежки товари, хората често използват пружинни пластини. В този случай е много важно дизайнерът да знае връзката между огъване и натоварване.

Проучете дали огъването на пружинната пластина е пропорционално на натоварването върху нея.

- Подредете елементите, както е показано на илюстрацията.

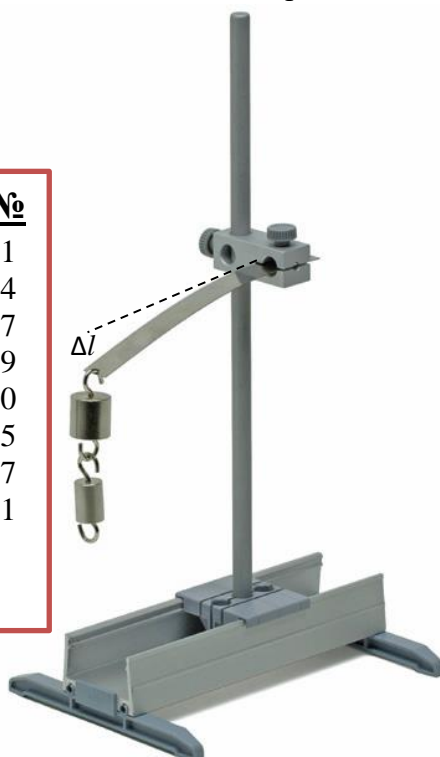


Снимката е поставена с любезното разрешение на Deutsches Technikmuseum, Берлин

**Материали / Компонент №**

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсата	10
Тежести с две куки, 50 г, (x3)	15
Пружинна пластина, 150/16 мм	17
Тежест с две куки, 25 г	21

*Допълнително: Линия (30 см).*



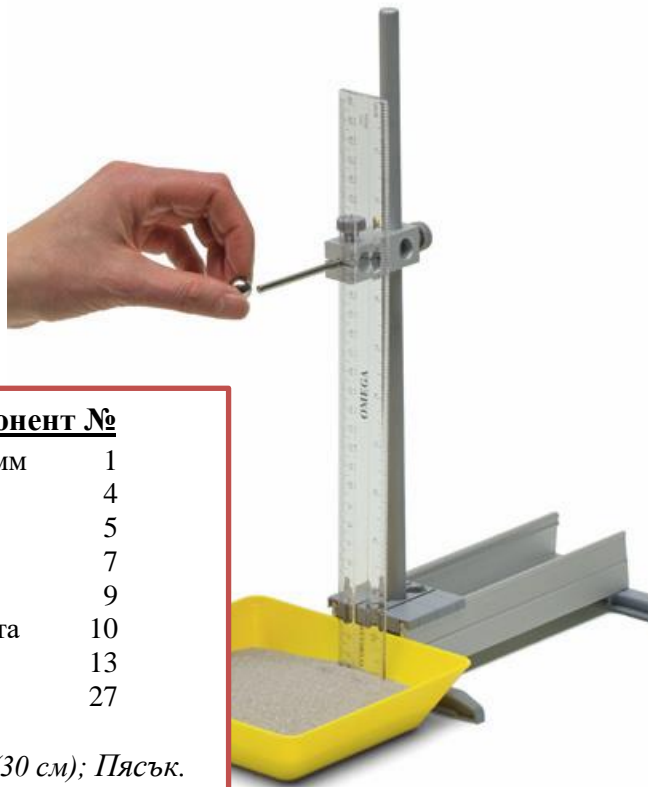
- Изчислете силата на натоварване в резултат от тежестите, които не са описани в таблицата.
- Измерете огъването на пружинната пластина при различни тежести.

<b>Маса m в г</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>F на тежестта в N</b>	0	0.25	0.49				
<b>Огъване Δl в см</b>							

**Закljučения:**

1. Разпределете измерванията в графика на F спрямо Δl.
2. Интерпретирайте графиката.
3. Изведете формула за отношението между приложената сила и стойността, при която пружината се огъва.
4. Сравнете пружинната пластина със спираловидната пружина, която вече сте изследвали. Помислете какво е общо помежду им и какво е различното.

Един от възможните ефекти на силата е деформацията. Ако тялото придобие различна форма след прилагане на сила, наричаме това "пластична деформация". Дупка от метеорит или вдлъбнатина в колата са добри примери за това. Нормално е да правим опити, свързани с деформацията, за да разберем как се причинява. Важни аспекти са колко бързо се движи колата, когато е била ударена или каква е била масата на метеорита, който е направил дупката? За да намерите отговор на въпросите, трябва да използвате този експеримент, за да проучите как диаметърът на дупката  $d$  зависи от височината, от която е паднал предметът, който я е причинил. Ще направите това, като позволите стоманена топка да падне в купа с пясък от различни височини. Следващата постановка гарантира, че височината може да бъде измерена възможно най-точно.



**Материали / Компонент №**

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Пластмасов съд	5
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсата	10
Метална ос, 50 мм	13
Стоманена топка	27

*Допълнително: Линия (30 см); Пясък.*



**Метеоритен кратер на Барингер, Аризона, САЩ**

Всяка година се наблюдават няколко метеорита, които падат на Земята. Всички тези метеоритни събития са регистрирани и публикувани в Метео-бюлетин. Регистрират се около 5 метеорита годишно. Действителната скорост на падане на метеоритите всъщност е много по-голяма, но голяма част от тях попадат в морето или в необитаеми райони.

Извършвайте измервания на различни височини.

- Помислете въз основа на извадките как най-добре да измервате диаметъра на дупката и опишете метода си в отчета на експеримента.
- За всяка от височините 0 см / 2.5 см / 5 см ... 30 см измерете диаметъра на четирите дупки и изчислете средната стойност на четирите измервания за всяка височина.

Измерване:		Диаметър на дупката $d$ в мм				$\bar{d}$
		1	2	3	4	
Височина $h$ в см	0					
	2.5					
	5					
	...					
	30					

**Заклучения:**

1. Начертайте графиката на височините спрямо осреднените диаметри.
2. Обяснете графиката си. Можете ли да видите пропорционални отношения?



## 9. Златното правило на механиката - макари

Изследва се златното правило на механиката посредством постановки с неподвижна или подвижна макара, както и полиспагт.

### 9.1. Неподвижна макара

За следващите три механични постановки се правят измервания на издърпването (приложеното усилие)  $F_{\text{УСИЛИЕ}}$ , разстоянието  $S_{\text{УСИЛИЕ}}$ , изминато от усилието и разстоянието  $S_{\text{ТОВАР}}$ , изминато от товара при различни сили на натоварване  $F_{\text{ТОВАР}}$ . Уверете се, че динамометърът винаги е в една линия с въжето.

#### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос от две части	2
Плъзгач	4
Профилна релса, 180 мм	7
Скоба с щифт	8
Съединител, алуминиев, (x2)	9
Двойка крачета за релсите	10
Въже, 50 м / 0,5 мм	11
Метална ос, 50 мм	13
Тежест с две куки, 50 г, (x3)	15
Макара, 43 мм диаметър	16
Динамометър, 1 N	20
Тежест с две куки, 25 г	21
Фиксираща втулка, 5 мм, (x2)	25

*Допълнително: Линийка (30см).*

#### **Извършване на експеримента:**

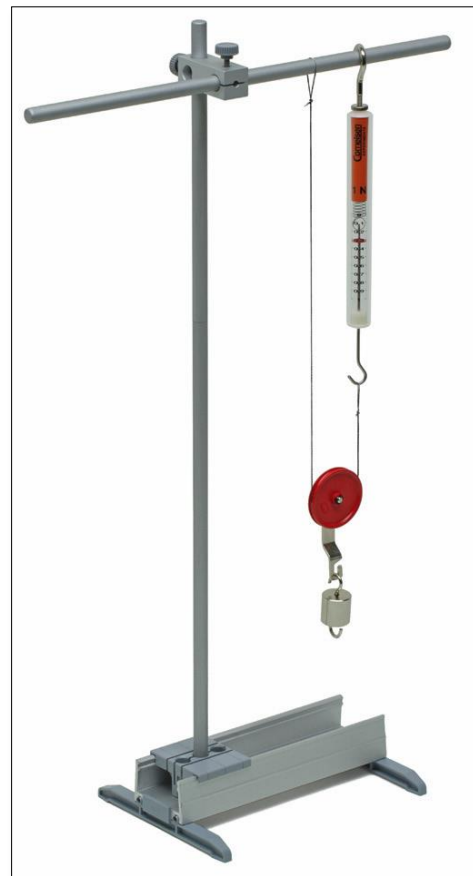
Краката се монтират към профилната релса, поставя се плъзгач върху нея и в средния му отвор се монтира стабилизиращата ос. Удължете оста с късата ѝ част. След това се нанизват на оста два съединителя, един в горния ѝ край и един в долния. В горния съединител, монтиран с процепа перпендикулярно на релсата, се поставя малката ос. Върху нея се поставя макарата и се стабилизира с две ограничителни втулки. Предварително калибрираният динамометър е прикачен с помощта на втория съединител и скобата с щифт. В двата края на 30-сантометрово въже се правят примки и се прокарва върху ролката. В единия му край е закачена тежестта, а в другия - динамометъра.



## 9.2. Подвижна макара

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Стабилизираща ос от две части	2
Плъзгач	4
Профилна релса 360 мм	6
Съединител, алуминиев, (x2)	9
Двойка крачета за релсите	10
Въже, 50 м / 0,5 мм	11
Метална ос, 50 мм	13
Тежест с две куки, 50 г, (x3)	15
Макара, 43 мм диаметър	16
Динамометър, 1 N	20
Тежест с две куки, 25 г	21
Макара с кука, 43 мм диаметър	22
Фиксираща втулка, 5 мм, (x2)	25



### **Извършване на експеримента:**

Краката се монтират към профилната релса, поставя се плъзгач върху нея и в средния му отвор се монтира стабилизиращата ос (2). Удължете оста с късата ѝ част. В горния ѝ край се нанизва съединител с ориентиран напред процеп. В отвора на съединителя се монтира втората стабилизираща ос в хоризонтално положение.

В двата края на 60-сантиметрово въже се правят примки. Прикрепете единия му край към хоризонталната ос, а другия - към долната кука на динамометъра (също окачен на хоризонталната ос).

Макарата се поставя на въжетото, както е показано на илюстрацията. Двете дължини на въжетото трябва да бъдат успоредни една на друга.

Когато правите изводите си, трябва да отчетете теглото на самата ролка или компенсирате, като калибрирате динамометъра преди да започнете измерванията.

## 9.3. Полиспаст

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Стабилизираща ос от две части	2
Плъзгач, (x2)	4
Профилна релса, 180 мм	7
Скоба с щифт, диаметър 15 мм	8
Съединител, алуминиев, (x2)	9
Двойка крачета за релсите	10
Въже, 50 м / 0,5 мм	11
Метална ос, 50 мм	13
Тежест с две куки, 50 г, (x3)	15
Динамометър, 1 N	20
Тежест с две куки, 25 г	21
Фиксираща втулка, 5 мм, (x2)	25
Две макари с обща база, (x2)	26



### **Извършване на експеримента:**

Краката се монтират към профилната релса, двата плъзгача се поставят върху нея и се монтира стабилизиращата ос (2) в централния отвор на един от плъзгачите.

След това удължете оста с другата ѝ част. Нанизва се съединител в горната ѝ част с процепа, ориентиран напред. След това малката метална ос се вкарва в свободния отвор на съединителя и се закрепва.

Двете макари с обща основа се окачват на оста и се фиксират с две втулки.

Върху втория плъзгачът трябва да се постави другата стабилизираща ос и върху нея се нанизва съединител. Динамометърът се монтира на съединителя с помощта на скобата с щифт.

В двата края на въже с дължина 130 см се правят примки и то се окачва на макарите по показания начин на картинката. Единият край се окачва на динамометъра, а другият - на горния блок с макари. Окачват се и другите две макари с обща основа, както е показано.

Когато правите изводите си, трябва да отчетете теглото на самата ролка или компенсирате, като калибрирате динамометъра преди да започнете измерванията.

## Заклучения:

Трите експеримента за златното правило на механиката са създадени като работни експерименти, учениците преминават от един на друг експеримент. Дава им се работен план и карта за всеки опит. На първата страница на картата на експеримента има уводен текст и инструкции как да бъде подготвен. Часовникът в горния десен ъгъл показва времето, необходимо за експеримента. Картата съдържа работни задачи. Първите три задачи са еднакви за всички опити. Те трябва да ръководят учениците при измерване на силата и разстоянието, докато достигнат до обобщението на златното правило на механиката: "За да постигнеш нещо с по-малко сила, силата трябва да се прилага на по-голямо разстояние."

$$F_{\text{Усилие}} * S_{\text{Усилие}} = F_{\text{Товар}} * S_{\text{Товар}}$$

**За всеки от опитите има и следните допълнителни задания:**

### Неподвижна макара:

Опита трябва да показва две предимства на неподвижната макара (посокоизменяща макара). Чрез промяна на посоката на силата човек може да прилага тежестта на цялото си тяло и да използва триенето на повърхността на пода при повдигането на кофа.

### Подвижна макара:

Допълнителното задание на опита с подвижна макара е с цел да се покаже връзката между броя на дължините  $n$  на въжето, осъществяващо повдигането, разстоянието  $S_{\text{ТОВАР}}$ , което изминава товарът и разстоянието, изминато от усилието  $S_{\text{УСИЛИЕ}}$ . Тъй като подвижната макара има две дължини на въжето за повдигане, разстоянието на усилието е два пъти по-голямо от това на товара. Вярно е следното обобщение:

$$S_{\text{УСИЛИЕ}} = n * S_{\text{ТОВАР}}$$

Какъв ефект има собственото тегло на макарата ( $F_G = 0.16 \text{ N}$ ) в допълнителната задача за полиспаста.

### Полиспаст:

Долният блок с макари има маса от 41 грама. Теглото му е около 0.40 N и поради това има забележим ефект върху товара, който трябва да бъде измерен.

**Работна задача 4:** Кой от двамата, Ан или Боб, е прав за това как се калибрира динамометърът. Ако той е калибриран без товар, трябва да се използва метода на Ан, но ако е калибриран с вече окачен блок с макари, се използва метода на Боб за измерванията.

***В допълнение към този експеримент:***

*Работни карти "Неподвижна макара", "Подвижна макара", "Полиспаст" и "Тест",  
Работен обобщителен план.*

За провеждане на опитите има и кратък тест с въпроси за вече проведените експерименти.

Правилните отговори на теста са както следва:

1: сила [F, 1 N] тегло [m, 1 кг] [G или  $F_G$ , 1 N]

2: а

3: а, в

4: в

5: б

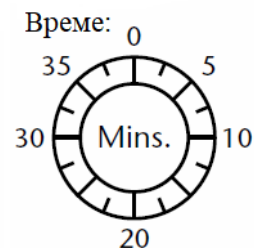
6: в

7: Шоколад (100 г, 1 N), банан (250 г, 2.5 N), лимонада (350 г, 3.5 N)  
калкулатор (150 г, 1.5 N), ябълка (200 г, 2 N).



Подготовка на експеримента

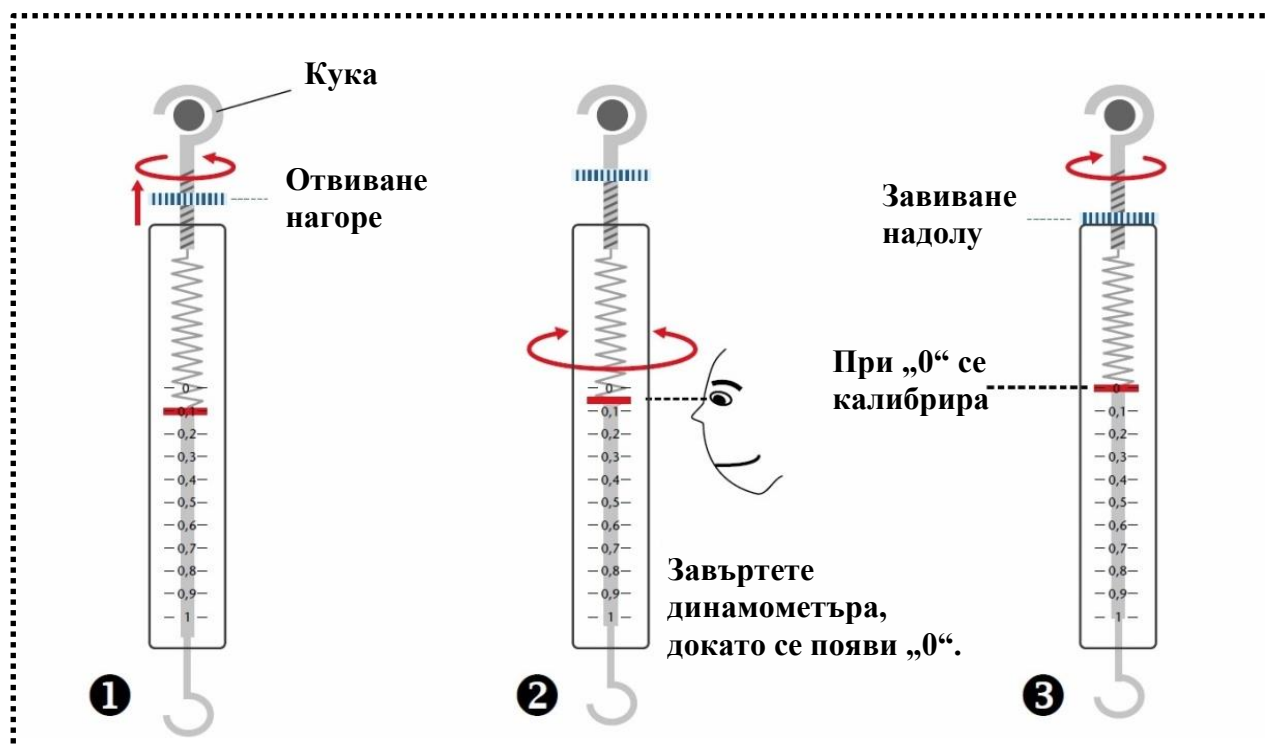
Дължина на въжето приблизително 30 см.



Дори дете от детската градина само с помощта на макара може да вдигне каса, пълна с бутилки вода. Как помагат макарите, ще разберете в опитите „Неподвижна макара“, „Подвижна макара“ и „Полиспаст“.



### Калибриране на динамометъра

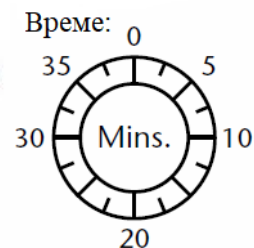




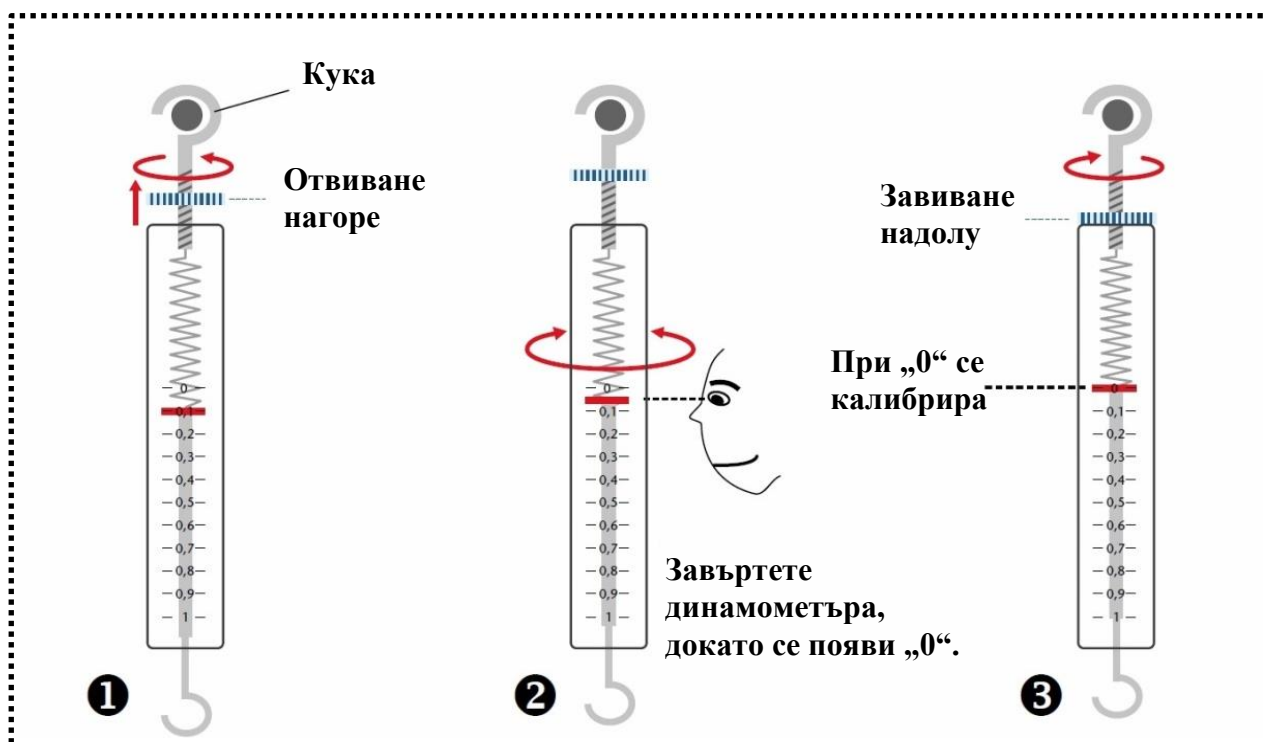
Дори дете от детската градина само с помощта на макара може да вдигне кася, пълна с бутилки вода. Как помагат макарите, ще разберете в опитите „Неподвижна макара“, „Подвижна макара“ и „Полиспа̀ст“.

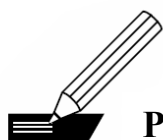
Подготовка на експеримента

Дължина на въжето приблизително 60 см.

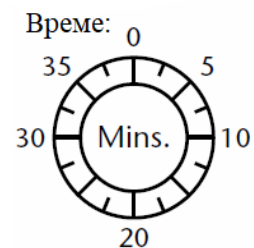
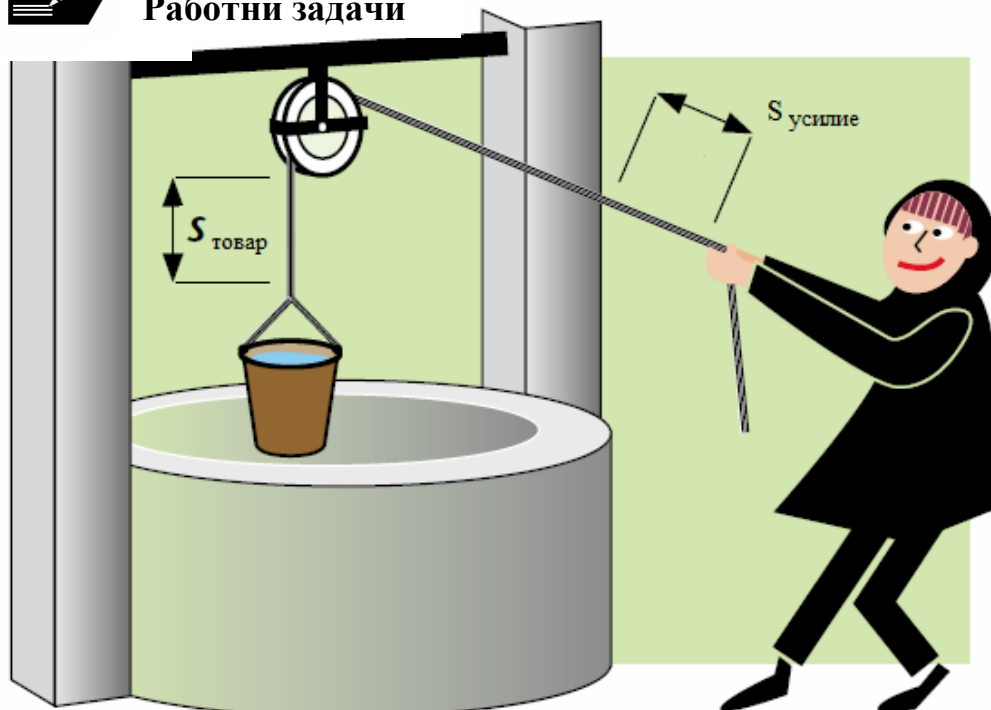


### Калибриране на динамометъра



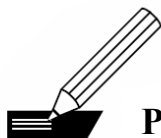


## Работни задачи

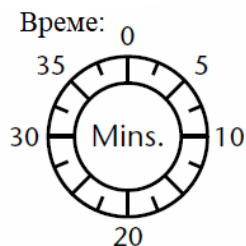


- Проучете връзката между  $S_{\text{УСИЛИЕ}}$  и  $S_{\text{ТОВАР}}$ .  
За четири различни товара, измерете  $S_{\text{УСИЛИЕ}}$  и  $S_{\text{ТОВАР}}$ .  
Въведете измерванията в таблицата.
- Проучете връзката между усилието ( $F_{\text{УСИЛИЕ}}$ ) и товара ( $F_{\text{ТОВАР}}$ ). Измерете  $F_{\text{УСИЛИЕ}}$  и  $F_{\text{ТОВАР}}$  за четири различни натоварвания и въведете измерванията в таблица.
- Намерете формула, която да описва връзката между усилието и разстоянието, което то изминава.
- Използвайте илюстрациите, за да покажете предимствата, спечелени чрез използване на макара за повдигане на предмети.

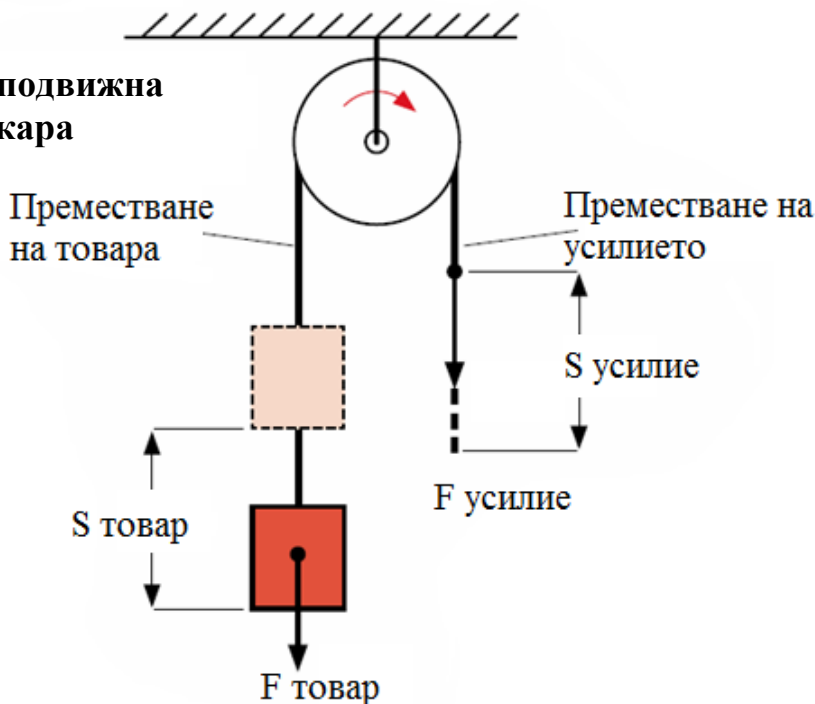




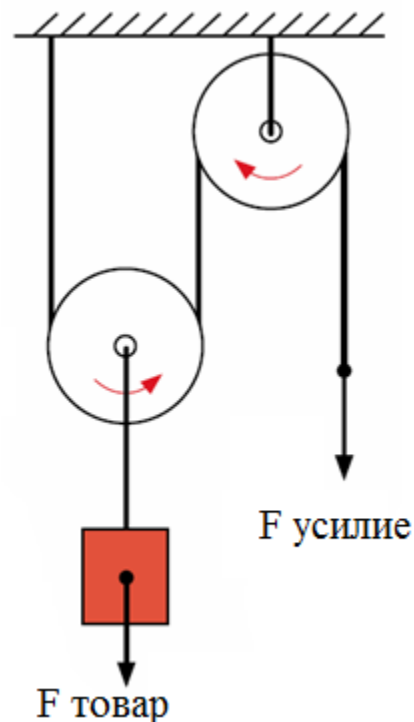
Работни задачи



Неподвижна макара



Подвижна макара

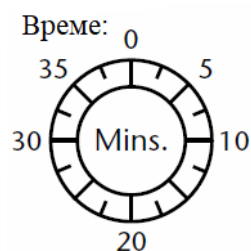


- Проучете връзката между  $S_{\text{усилие}}$  и  $S_{\text{товар}}$ . За четири различни товара, измерете  $S_{\text{усилие}}$  и  $S_{\text{товар}}$ . Въведете измерванията в таблицата.
- Измерете  $F_{\text{усилие}}$  и  $F_{\text{товар}}$  при четири различни натоварвания и въведете измерванията в таблица.
- Намерете формула, която да описва връзката между усилието и разстоянието, което то изминава.
- Определете броя на дължините за повдигане на въжето в експеримента с подвижната макара. Те са дължините, от които товарът е повесен.
- Определете съотношението между дължините на повдигане на въжето при подвижната макара. Те са дължините, от които товарът е повесен.



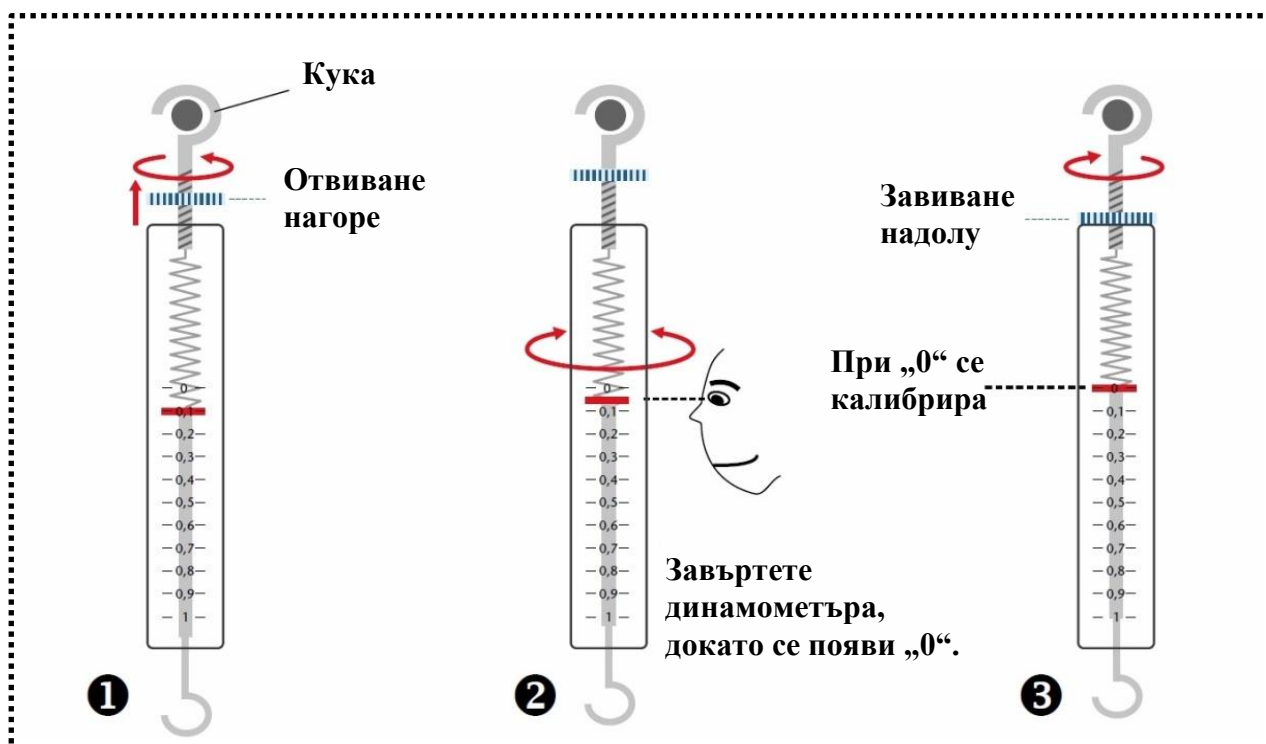
Дори дете от детската градина само с помощта на мака̀ра може да вдигне каса, пълна с бутилки вода. Как помагат макарите, ще разберете в опитите „Неподвижна мака̀ра“, „Подвижна мака̀ра“ и „Полиспа̀ст“.

Подготовка на експеримента



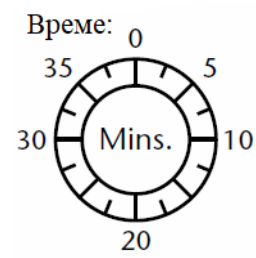
Дължина на въжето  
130 см.

### Калибриране на динамометъ̀ра



1. Свържете променливите със символите във формулата:

	Маса	Сила	1 N
$m$			
	1 kg	$F$	
$F_G$ или $G$		Тежест	



2. Кое от следните три твърдения е вярно?

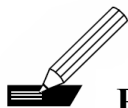
- а) Теглото зависи от локацията .....
- б) Теглото не зависи от локацията .....
- в) Масата не зависи от локацията.....

3. Ако искате да вдигнете маса от 50 кг тук на Земята, колко сила ви е необходима:

- а) 50N.....
- б) 5 N .....
- в) 500N .....

4. Сравнете масата на тялото на Земята с тази на Луната.

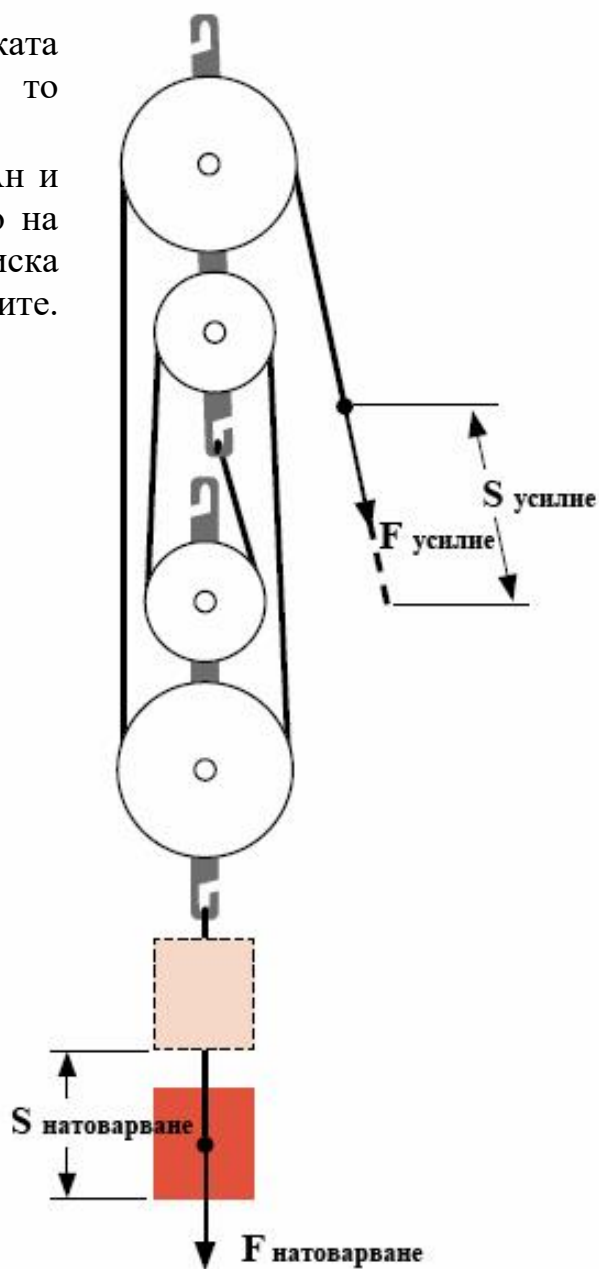
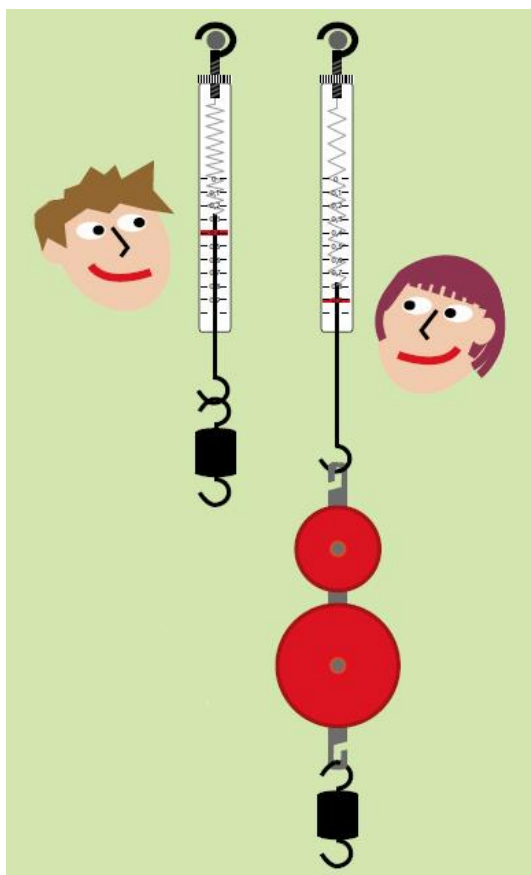
- а) Масите са еднакви .....
- б) Масата на Земята е по-малка .....
- в) Масата на Земята е по-голяма.....



## Работни задачи



- Проучете връзката между  $S_{\text{УСИЛИЕ}}$  и  $S_{\text{ТОВАР}}$ . За четири различни товара, измерете  $S_{\text{УСИЛИЕ}}$  и  $S_{\text{ТОВАР}}$ . Въведете измерванията в таблицата.
- Проучете връзката между усилието ( $F_{\text{УСИЛИЕ}}$ ) и товара ( $F_{\text{ТОВАР}}$ ). Измерете  $F_{\text{УСИЛИЕ}}$  и  $F_{\text{ТОВАР}}$  за четири различни натоварвания и въведете измерванията в таблица.
- Намерете формула, която да описва връзката между усилието и разстоянието, което то изминава.
- Докато правят измервания на полиспаст, Ан и Боб имат спор. Ан иска да измери теглото на долната макара като част от товара, а Боб иска да измери само товара. Обсъдете резултатите. При кой грешката ще е по-голяма.

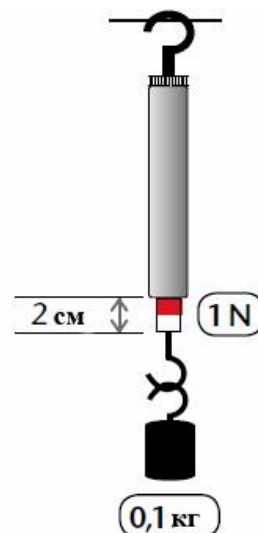
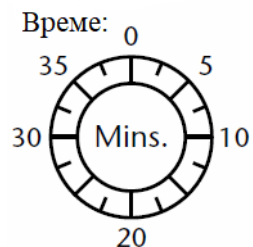


1. Каква е константата на разтягане на пружината на динамометъра?

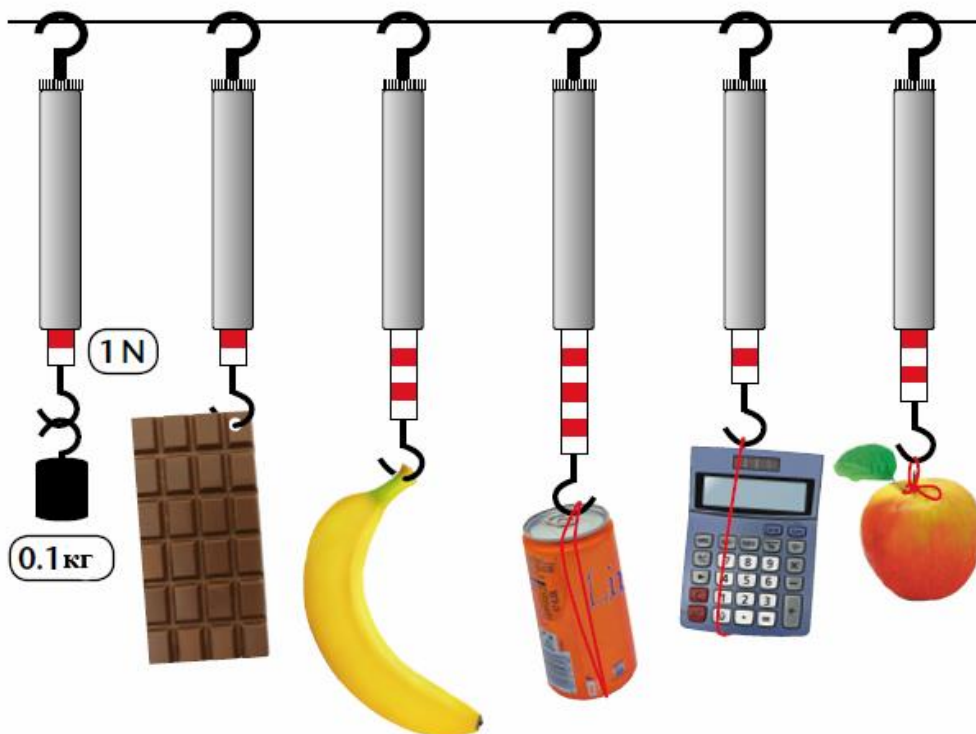
- а) 1 N/cm .....
- б) 0,5 N/cm .....
- в) 0,1 N/cm .....

2. Измерванията показват, че гравитационното ускорение е:

- а) 1 N/kg .....
- б) 0,1 N/kg .....
- в) 10 N/kg .....



3. Определете теглото и масата на тези пет обекта.



$F_G$					
$m$					

**Измервания “Неподвижна макара”**

Неподвижна макара	<b>F<sub>товар</sub> в N</b>	<b>S<sub>усилие</sub> в</b>	<b>S<sub>товар</sub> в</b>

Неподвижна макара	<b>m<sub>усилие</sub> в г</b>	<b>F<sub>усилие</sub> в N</b>	<b>F<sub>товар</sub> в N</b>

**Измервания “Подвижна макара”**

Подвижна макара	<b>F<sub>товар</sub> в N</b>	<b>S<sub>усилие</sub> в</b>	<b>S<sub>товар</sub> в</b>

Подвижна макара	<b>m<sub>усилие</sub> в г</b>	<b>F<sub>усилие</sub> в N</b>	<b>F<sub>товар</sub> в N</b>

**Измервания “Полиспа̀ст”**

Полиспа̀ст	<b>F<sub>товар</sub> в N</b>	<b>S<sub>усилие</sub> в</b>	<b>S<sub>товар</sub> в</b>

Полиспа̀ст	<b>m<sub>усилие</sub> в г</b>	<b>F<sub>усилие</sub> в N</b>	<b>F<sub>товар</sub> в N</b>

**Заклучения:**

1. Намерете формула, описваща връзката между усилието и разстоянието, изминато от действието на усилието.

---



---

2. Обяснете предимствата при повдигане с помощта на макара.

---



---

3. Намерете формула, описваща връзката между разстоянието, изминато от действието на усилието и от товара, плюс броя дължини на повдигане на въжето.

---



---

4. Обсъдете кой от двамата ще направи най-голяма грешка при измерването, Ан или Боб?

---



---

## 10. Измерване КПД на наклонена равнина

Ефективността на количката и фрикционния блок се измерват на наклонена равнина.

### Материали / Компонент №

Стабилизираща ос, 330 мм	1
Плъзгач	4
Профилна релса с пробит отвор	6
Профилна релса, 180 мм	7
Съединител, алуминиев	9
Двойка крачета за релсите	10
Фрикционно блокче	12
S-образна кука	14
Динамометър, 1 N	20
Количка (а) с ос (b)	23
Метална ос, 80мм	24

*Допълнително: Транспортир.*

### Извършване на експеримента:

Монтирайте крачета към късата релса и поставете плъзгач на единия ѝ край. Стабилизиращата ос се поставя в централния отвор на плъзгача. След това в долната част на оста се прикрепя съединител така, че да е ориентиран по протежение на релсата. Малката металната ос се поставя в отвора на съединителя и се закрепва. Тя трябва да мине през отвора на дългата релса, както е показано.

*Ако използвате профилната релса без крака, трябва да внимавате да не надраскате повърхността под нея.*

Чрез преместване на съединителя по стабилизиращата ос, ъгълът на наклона  $\alpha$  може да бъде променян.

Първо монтирайте фиксиращата ос (23b) в количката (23a). Поставете количката ( $m = 104$  г) върху наклонената профилна релса, закачете за нея S-образната кука и предварително калибрирания динамометър. Сега издърпайте количката 10 см нагоре по склона. Уверете се, че винаги държите динамометъра успоредно на профилната релса.

Динамометърът ще покаже силата по посоката на равнината. Трябва да я отчетете, докато дърпате.

Измервайки силата надолу по равнината  $F_{\text{равнина}}$  за различни стойности на наклона  $\alpha$ , теглото  $F_G$  на количката трябва да се измери директно, като се използва динамометъра. След това, цялата процедура на измерване трябва да се повтори с фрикционния блок.



## Заклучения:

За да се използват познанията, придобити в предишните експерименти, тук трябва да се измерва ръчно ефективността на наклонена равнина.

Това означава да се формира съотношение между общата механична работа и механичната работа за издигане по наклонената равнина. Тази оценка използва синусови отношения.

При измерванията в извадката се използва количка ( $F_G = 1.02 \text{ N}$ ) и триещ блок ( $F_G = 0.76 \text{ N}$   $A = 21 \text{ cm}^2$ ), които се повдигат с 10 см по наклонена равнина. За да спестите време, силата по равнината  $F_{\text{равнина}}$  може да бъде взета от предишния експеримент с наклонена равнина.

Работата, извършена по протежение на равнината, е продукт на силата по равнината и изминатото разстояние - 0,1 м.

$$W_{\text{равнина}} = F_{\text{равнина}} \cdot S_{\text{усилие}} = F_{\text{равнина}} \cdot 0,1 \text{ м}$$

Повдигащата работа е равна на теглото, умножено по разстоянието, на което обектът действително е повдигнат с дадения ъгъл на наклона.

$$W_{\text{вдигане}} = F_G \cdot h = F_G \cdot 0.1 \text{ м} \cdot \sin \alpha$$

За ъгъл от  $90^\circ$ , силата по равнината е равна на теглото и височината  $h$ , на която е вдигнат обекта. Това трябва да доведе до максимална ефективност от 1. Никаква стойност няма да надвиши това в таблицата. Тъй като триенето намалява при по-големи ъгли на наклона, ефективността ще се увеличи. Възможно е също така да отчетете по таблицата, че ефективността е по-голяма за количката, отколкото за фрикционния блок, особено при малките ъгли. Поради това може да се заключи, че триенето при въртене е по-малко от обикновената динамика на триене или триене при плъзгане.

$\alpha$	$5^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$	$25^\circ$	$30^\circ$	$35^\circ$	$40^\circ$	$45^\circ$	$50^\circ$
Дистанция на вдигане в м	0.009	0.017	0.026	0.034	0.042	0.050	0.057	0.064	0.071	0.077
Данни за количката										
$F_{\text{равнина}}$ в N	0.12	0.22	0.32	0.40	0.46	0.58	0.66	0.72	0.78	0.86
$W_{\text{равнина}}$ в N·m	0.012	0.022	0.032	0.04	0.046	0.058	0.066	0.072	0.078	0.086
$W_{\text{вдигане}}$ в N·m	0.009	0.017	0.026	0.034	0.042	0.050	0.057	0.064	0.071	0.077
$\eta$ количка	0.73	0.79	0.81	0.86	0.92	0.86	0.87	0.89	0.91	0.89
Данни за триещ блок										
$F_{\text{равнина}}$ в N	0.16	0.22	0.28	0.32	0.40	0.44	0.48	0.54	0.58	0.62
$W_{\text{равнина}}$ в N·m	0.016	0.022	0.028	0.032	0.04	0.044	0.048	0.054	0.058	0.062
$W_{\text{вдигане}}$ в N·m	0.006	0.013	0.019	0.025	0.030	0.036	0.041	0.046	0.051	0.055
$\eta$ блок	0.39	0.57	0.67	0.77	0.76	0.82	0.86	0.86	0.88	0.89

*В допълнение към този експеримент: Работен лист "Ефективност"*

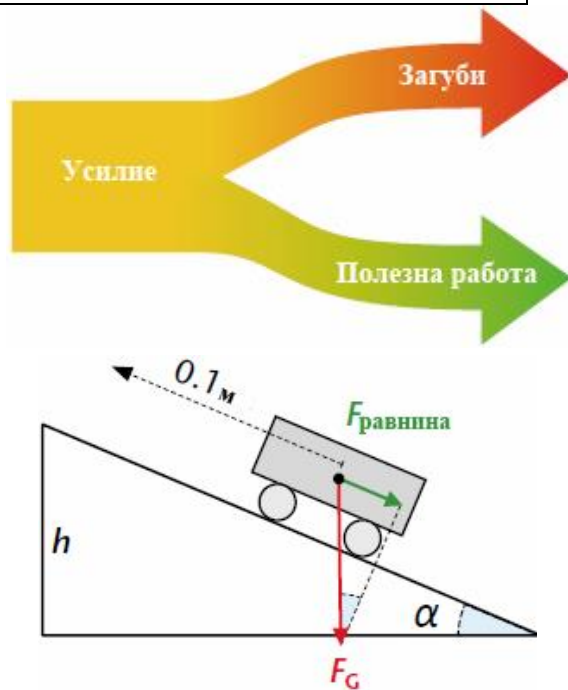


Всяка механична работа, т.е. всяко упражняване на сила при движение или деформиране използва енергия. Често се случва, триенето да използва повече енергия от полезната работа. Съотношението между използваната енергията и полезната работа се нарича ефективност.

$$\text{Ефективност} = \frac{\text{Полезна работа}}{\text{Консумирана енергия}}$$

$$\eta = \frac{W_{\text{полезно}}}{E}$$

В този експеримент количката и фриktionния блок се преместват на 0,1 м по наклонена равнина. Във всеки случай се измерва ефективността  $\eta$  като функция на ъгъла на наклон  $\alpha$ .



**Процедура:**

- Определете теглото  $F_G$  на количката и теглото на фриktionния блок.

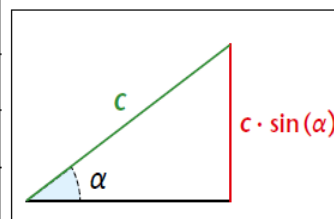
$F_{G, \text{количка}} =$	$F_{G, \text{блок}} =$
---------------------------	------------------------

- Поставете наклонената равнина, както е показано.
- Внимателно прочетете съветите за измерване. Определете силата на плъзгане на количката по протежение на равнината и силата на плъзгане на дървения блок по протежение на равнината за дадените ъгли.

**Съвети за измерване:**  
 По време на измерванията количката или блокът трябва да бъдат издърпвани по равнината бавно и с равномерна скорост. Уверете се, че динамометърът е винаги успореден на равнината.

$\alpha$	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
$F_{\text{количка}}$ N										
$F_{\text{блок}}$ N										
Разстояние на вдигане $h$ в м	0.009	0.017	0.026							
$\eta$										

Да се упражнява



**Заклучения:**

1. Изчислете разстоянията, на които обектът е бил повдигнат и които не са описани в таблицата. Проверете начина си на изчисление, сравнявайки отговорите с вече дадените стойности. Ефективността за двете тела се изчислява както следва:

$$\eta = \frac{F_G \cdot h}{F_{\text{равнина}} \cdot 0,1\text{м}}$$

2. Обяснете уравнението.
3. Покажете как ефективността е свързана с ъгъла на наклона, както за количката, така и за блока в таблица.
4. Обсъдете максималната ефективност и я сравнете с вашите измервания.
5. Обяснете зависимостта от ъгъла, която сте открили.

# Ученически комплект Механика – ниво 2



Германия



Учителско ръководство към "Ученически комплект Механика – ниво 2", Каталожен № 430106  
Производител: © Cornelsen Experimenta, Берлин, Германия  
Дистрибутор за България: УЧМАГ ООД, Варна, България  
Преводач на текста: Тодор Качиков  
Коректор: Марияна Костадинова  
гр. Варна, 2018 г.