

## SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

<b>TEMAT:</b> Wyznaczanie współczynnika tarcia statycznego			
Wydział	Matematyki Stosowanej	Kierunek	Informatyka
Grupa/Sekcja	2/C	Rok akademicki	2021
Rok studiów	I	Semestr	2
Oświadczam, że niniejsze sprawozdanie jest całkowicie moim/naszym dziełem, że żaden z fragmentów sprawozdania nie jest zapożyczony z cudzej pracy. Oświadczam, że jestem świadoma/świadom odpowiedzialności karnej za naruszenie praw autorskich osób trzecich.			
Lp.	Imię i nazwisko	Podpis	
1.	Grzegorz Koperwas		
2.			
3.			

### Ocena poprawności elementów sprawozdania

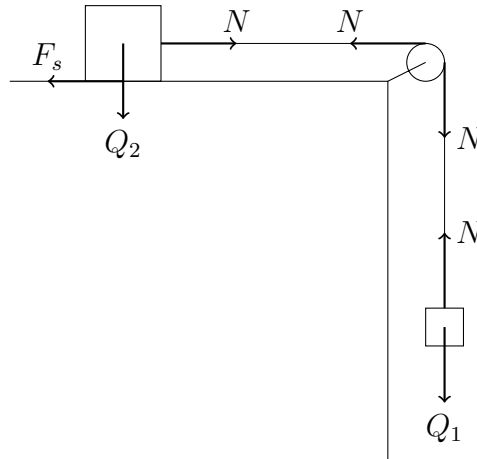
data oceny	wstęp i cel ćwiczenia	struktura sprawozdania	obliczenia	rachunek niepewności	wykres	zapis końcowy	wnioski

### Ocena końcowa

OCENA lub LICZBA PUNKTÓW	
DATA PODPIS	

# 1. Wstęp teoretyczny

Celem doświadczenia jest zbadanie wartości tarcia statycznego tektury i foli aluminiowej oraz zbadanie wpływu powierzchni na wartość maksymalnej siły tarcia statycznego.



Rysunek 1: Rozkład sił w układzie.

Gdzie:

- $F_s$  - siła tarcia statycznego,
- $Q_1, Q_2$  - siły ciężaru obciążników,
- $N$  - siły naciągu linki.

Wartość maksymalna siły tarcia statycznego w układzie z rysunku 1 jest dana wzorem:

$$F_{s_{\max}} = f_s \cdot Q_2 \quad (1)$$

gdzie  $f_s$  to współczynnik tarcia statycznego. W układzie wartość maksymalna siły tarcia statycznego jest również równa wartości siły naciągu  $N$ , której wartość jest natomiast równa wartości siły ciężaru  $Q_1$ .

Zatem:

$$\begin{aligned} F_{s_{\max}} &= N = Q_1, \quad \text{Z (1.)} \\ f_s \cdot Q_2 &= Q_1 \\ f_s &= \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{m_1 g}{m_2 g} \end{aligned}$$

Ostatecznie:

$$f_s = \frac{m_1}{m_2} \quad (2)$$

## 2. Wyniki pomiarów:

Materiał	rozmiar [cm <sup>2</sup> ] $\pm 1cm$	masa obciążnika [g] $\pm 1g$	masa sumaryczna [g] $\pm 1g$									
			$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	$m_6$	$m_7$	$m_8$	$m_9$	$m_{10}$
tektura + tektura	36	358	92	121	137	124	135	127	107	122	123	156
	50	358	131	169	91	146	174	129	153	161	184	135
	64	357	163	154	144	151	129	153	131	153	144	114
folia + folia	36	355	183	148	182	148	185	174	165	165	-	-
	50	356	171	191	176	162	173	153	166	183	-	-
	64	359	190	178	169	180	170	176	154	156	-	-

Tablica 1: Wyniki pomiarów

Masa ostatniej monety [g] $\pm 1g$									
$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	$m_6$	$m_7$	$m_8$	$m_9$	$m_{10}$
6	6	5	5	3	5	5	3	3	3
3	3	6	4	3	3	3	3	1	5
3	5	6	2	5	2	6	3	3	6
3	3	1	4	5	2	2	4	-	-
2	3	3	6	3	3	3	3	-	-
3	5	6	3	3	3	3	3	-	-

Tablica 2: Masa ostatniej monety dla każdego pomiaru

Należy zauważyć, iż używana folia aluminiowa posiadała fabryczną fakturę heksagonalną.

## 3. Przetwarzanie danych oraz obliczone wartości

Z powodu błędów grubych przy pomiarach **tektura + tektura**, eliminujemy największy i najmniejszy pomiar, gdyż nie zostały one wykonane poprawnie.

masa sumaryczna po eliminacji [g] $\pm 1g$									
$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	$m_6$	$m_7$	$m_8$	$m_9$	$m_{10}$
-	121	137	124	135	127	107	122	123	-
131	169	-	146	174	129	153	161	-	135
-	154	144	151	129	153	131	153	144	-
183	148	182	148	185	174	165	165	-	-
171	191	176	162	173	153	166	183	-	-
190	178	169	180	170	176	154	156	-	-

Tablica 3: Wyniki pomiarów po eliminacji

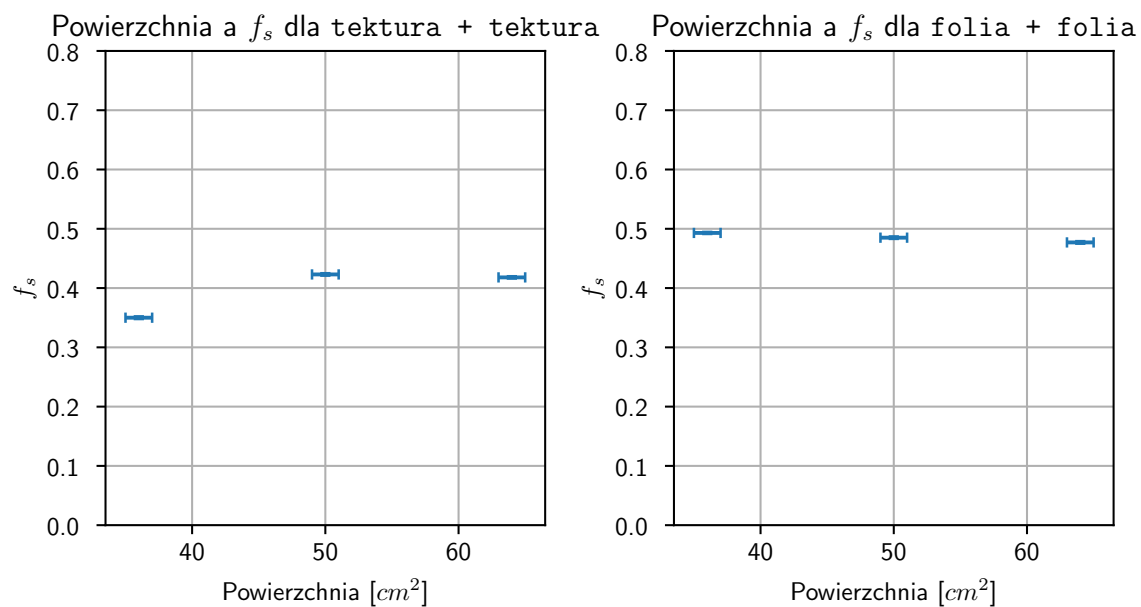
Podczas pomiarów była zapisywana również masa ostatniej dodanej monety.

Błąd danego pomiaru  $u(m_i)$  został obliczony jako połowa wartości z tablicy 2.

Z powodu tego, iż masy ostatnich monet w tablicy 2 są różne, obliczono średnią ważoną  $\bar{m}$ , gdzie za wagi przyjęto  $u(m_i)^{-2}$ , gdyż funkcja  $f(x) = x^{-2}$  jest malejąca.

Materiał	rozmiar [cm <sup>2</sup> ] $\pm 1\text{cm}^2$	masa obciążnika [g] $\pm 1\text{g}$	Średnia waż. $\bar{m}$ [g]	Niepewność $\bar{m}$ [g]	$f_s$	$u(f_s)$
tektura + tektura	36	358	125	0,69	0,350	0,0022
	50	358	151	0,57	0,423	0,0020
	64	357	149	0,54	0,418	0,0019
folia + folia	36	355	175	0,36	0,493	0,0017
	50	356	173	0,51	0,485	0,0020
	64	359	171	0,58	0,477	0,0021

Tablica 4: Obliczone wartości



Rysunek 2: Wykresy zależności między powierzchnią styku a współczynnikiem tarcia

## 4. Wnioski

### Powierzchnia styku a $f_s$

Z wykresów na rysunku 2 widzimy, iż dla folii + folii nie ma żadnego związku między powierzchnią styku a współczynnikiem tarcia statycznego.

Dla tektury + tektury nie możemy dostrzec jednoznacznego związku.

### Wartości współczynnika tarcia statycznego

Nie znaleźliśmy związku między powierzchnią styku a  $f_s$ , zatem ostatecznie uśredniamy<sup>1</sup> wartości z tablicy 4 i, wraz z największą niepewnością, otrzymujemy:

$$\begin{array}{ll} \text{Dla tektura + tektura:} & \bar{f}_s = 0,403; \quad u(\bar{f}_s) = 0,0020 \\ \text{Dla folia + folia:} & \bar{f}_s = 0,488; \quad u(\bar{f}_s) = 0,0025 \end{array}$$

## 5. Sposoby na ograniczenie błędów

Głównymi źródłami błędów była niepewność wagi kuchennej na poziomie  $\frac{1g}{\sqrt{3}}$ , oraz duża rozbieżność wyników pomiarów.

W celu zwiększenia precyzji pomiarów należałoby użyć bardziej precyzyjnych przyrządów oraz należałoby zastąpić masę odważników innym źródłem siły, na przykład cylindrem pneumatycznym z manometrem pokazującym maksymalne ciśnienie<sup>2</sup>. Po wyznaczeniu charakterystyki siły  $F_p$  cylindra od ciśnienia  $P$  otrzymujemy źródło siły nieposiadające wad manualnego dodawania monet do szalki, pod warunkiem, że ciśnienie będzie dodawane powoli.

Innym sposobem na zwiększenie precyzji jest zmiana metody pomiarowej na inną, na przykład z *równią pochyłą*.

---

<sup>1</sup>Uśredniono średnią ważoną gdzie za wagi przyjęto  $u(f_s)^{-2}$

<sup>2</sup>Cylindry pneumatyczne LEGO oraz manometr cyfrowy podłączony do arduino jest ciekawym rozwiązaniem.