

Imię ..... Nazwisko ..... Nr indeksu ..... Prowadzący ćwiczenia .....  
(prosimy o wypełnienie drukowanymi literami)

**Zadanie 1**

Na pracowni fizycznej student wyznaczał współczynnik załamania szkła metodą pomiaru kąta padania  $\alpha$  i kąta załamania  $\beta$ . Przy kącie padania  $\alpha$  o wartości  $(30 \pm 1)^\circ$  uzyskał kąt załamania  $\beta = (18 \pm 1)^\circ$ . Wyznacz ocenę współczynnika  $n$  załamania ze związku  $n = \sin\alpha/\sin\beta$  oraz niepewność tej oceny. O szkłe wiadomo, że może to być szkło: flint o współczynniku załamania 1,6032, kron o współczynniku załamania 1,5162, kwarcowe o współczynniku załamania 1,4584 lub ołowiowe o współczynniku załamania 1,7550. Zidentyfikuj gatunek szkła. Tabela poniżej podaje wartości funkcji sinus dla kątów (w stopniach) między  $8^\circ$  a  $40^\circ$ .

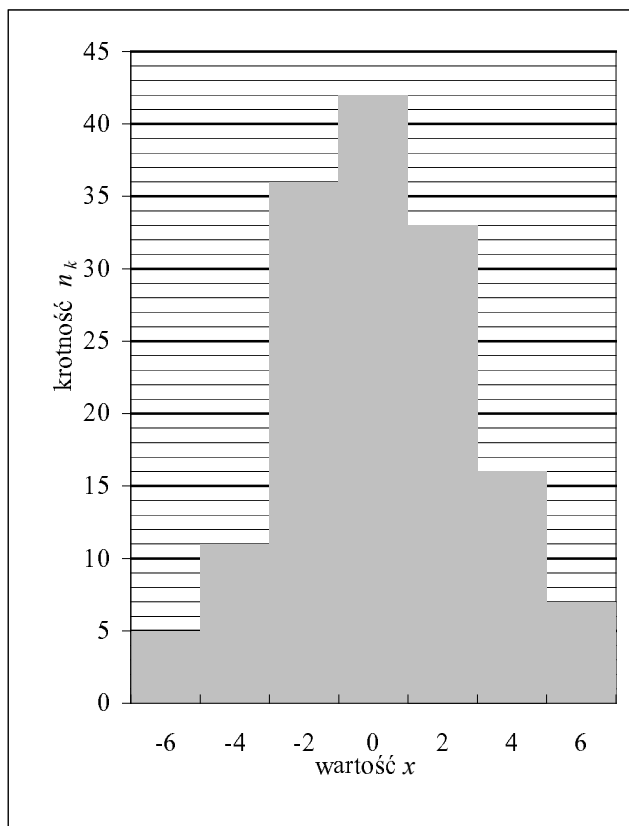
$\alpha$	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\sin\alpha$	0,1392	0,1564	0,1736	0,1908	0,2079	0,2250	0,2419	0,2588	0,2756	0,2924	0,3090	0,3256	0,3420
$\alpha$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
$\sin\alpha$	0,3584	0,3746	0,3907	0,4067	0,4226	0,4384	0,4540	0,4695	0,4848	0,5000	0,5150	0,5299	0,5446
$\alpha$	34	35	36	37	38	39	40						
$\sin\alpha$	0,5592	0,5736	0,5878	0,6018	0,6157	0,6293	0,6428						

**Zadanie 2**

Student chce wykorzystać zwykłą sprężynę do pomiaru ciężaru ciała. Wie, że siła  $F$  przyłożona do końca zawieszony sprężyny zwiększa jej długość o  $L$ , przy czym zależność może być opisana związkiem  $L = kF$ , gdzie  $k$  jest pewnym nieznanym współczynnikiem zależnym od sprężyny (tzn. materiału, z którego jest wykonana i jej parametrów geometrycznych). Aby wyznaczyć wartość tego współczynnika podwiesza on na sprężynie szereg odważników o znanych ciężarach  $F_i$  i wyznacza dla każdego odważnika wydłużenie  $L_i$ , sprężyny ukazane w tabeli. Zarówno wartości wydłużeń  $L_i$  sprężyny jak i ich niepewności  $s_i$  określił z wielokrotnych pomiarów przy ustalonym ciężarze  $F_i$ . Przyjmij, że wartości  $F_i$  ciężaru odważników znane są z zaniedbywaną niepewnością, gdyż w eksperymencie wykorzystywane są standardowe odważniki.

$F_i$ [N]	10	20	30	40	50
$L_i$ [cm]	1,1	2,3	3,2	4,5	5,5
$s_i$ [cm]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

1. Wyznacz ocenę współczynnika  $k$  oraz niepewność tej oceny.
2. Na sprężynie student zawiesił ciało, którego ciężar spowodował wydłużenie sprężyny o  $L = 8$  cm. Wyznacz ocenę ciężaru tego ciała oraz niepewność tej oceny. Przyjmij, dla uproszczenia, że wielkość  $L = 8$  cm znana jest dokładnie.



**Zadanie 3**

W wyniku wielokrotnego pomiaru pewnej wielkości fizycznej uzyskano  $n = 150$  wartości  $x_i, i = 1, 2, \dots, n$ , których histogram ukazany jest na rysunku. Liczby na osi odciętych przedstawiają środek przedziału histogramowania. Podstawowe charakterystyki liczbowe zbioru wartości  $x_i$  wynoszą:

$$\bar{x} = 0,192700291\dots, \quad \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 1076,328896\dots$$

Zakładając, że uzyskane dane można opisać przy pomocy rozkładu Gaussa, narysuj ten rozkład na histogramie, uwzględniając normalizację do liczby danych.

**Zadanie 4**

Zweryfikuj testem  $\chi^2$  Pearsona zgodność modelu Gaussa z danymi przedstawionymi w poprzednim zadaniu. Jako poziom weryfikacji przyjmij ten, który dopuszcza możliwość odrzucenia prawdziwej hipotezy (błąd pierwszego rodzaju) z prawdopodobieństwem 0,01.

Tabela wartości krytycznych $\chi^2$				
Ryzyko błędu pierwszego rodzaju	Liczba stopni swobody			
	2	3	4	5
0,01	9,21	11,35	13,28	15,08
0,05	5,99	7,82	9,49	11,07
0,10	4,61	6,25	7,78	9,24
0,15	3,79	5,32	6,75	8,12

Wszystkie zadania są warte jednakową liczbę punktów.

Zyczymy powodzenia.

I. Skwira, G. Brona, A. Majhofer, R. Nowak.