

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



У Т В Е Р Ж Д А Ю

Декан ФТФ, проф., д.ф.-м.н.

_____ В.И.Бойко

«_____» _____ 2005г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ

методические указания по выполнению лабораторной работы №4 по дисциплине «Материалы ядерной техники» для студентов специальности 140305 (070500) "Ядерные реакторы и энергетические установки"

Томск-2005

УДК 621.039.53(07)

Определение среднего коэффициента линейного расширения.
Методические указания к лабораторной работе №4 по дисциплине
«Материалы ядерной техники». для студентов специальности
140305 (070500).-Томск: Изд. ТПУ, 2005.- 12 с.

Составители:

доц. каф. ФЭУ Кадлубович Б.Е.

доц. каф. ФЭУ Долматов О.Ю.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию
методическим семинаром кафедры «Физико-энергетических
установок»

«___»_____2005 г.

Зав.каф. ФЭУ, проф., д.ф.-м.н.

В.И.Бойко

Одобрено методической комиссией ФТФ.

Председатель методической комиссии,

доцент, к.т.н.

В.Д. Каратаев

«___»_____2005 г.

Цель работы: определить средний коэффициент линейного расширения на основе измерения динамики тепловых процессов и контроля размеров образцовой трубы.

Оборудование: Установка с закрепленной с одного конца образцовой трубой, регулируемый нагреватель, индикатор удлинения (микрометр), индикатор температуры.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство тел при повышении температуры увеличивают свои размеры. При нагревании тела, имеющего первоначальную длину L , его относительное удлинение пропорционально изменению температуры dt :

$$\frac{dL}{L} = \alpha dt \quad (1)$$

где α - коэффициент пропорциональности, который называется истинным коэффициентом линейного расширения:

$$\alpha = \frac{1}{L} \cdot \frac{dL}{dt}$$

Коэффициента линейного расширения определяется относительное удлинение тела при изменении температуры на один градус. Практически при небольших изменениях температуры α изменяется незначительно, поэтому для расчетов можно пользоваться величиной среднего α коэффициента линейного расширения:

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

где t_1 и t_2 - начальная и конечная температуры тела, L_1 и L_2 - длины тела, соответствующие этим температурам. Длина тела при любой температуре может быть выражена через длину при 0°C . Из формулы (2) следует, что

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha t) \quad (3)$$

В результате линейного расширения увеличивается объем тела. Рассмотрим тело в виде куба с ребром L . Первоначальный его объем при 0°C будет:

$$V_0 = L_0^3$$

Очевидно, при температуре t объем тела будет равным:

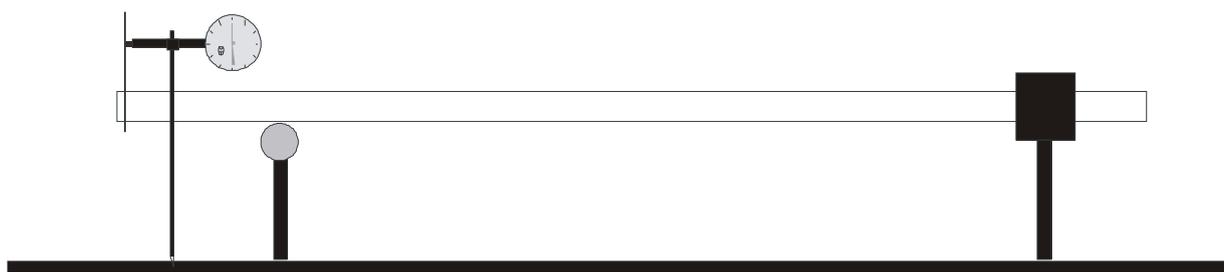
$$V = L_0^3 \cdot (1 + \alpha t);$$

$$\beta = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

Здесь, возводя $1 + \alpha t$ в куб, пренебрежем членами, содержащими t^2 и t^3 , принимаем $\beta = 3\alpha$ - средний коэффициент объемного расширения. Истинный коэффициент объемного расширения равен:

$$\beta = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (5)$$

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ



Прибор состоит из длинной металлической трубы длиной l_1 и диаметром d_0 . Один конец трубы закреплен жестко, а второй конец на скользящей опоре. При включении тэн (теплового пистолета) труба нагревается и удлиняется. Для фиксации удлинения на конце трубы прикреплена планка, в которую упирается рычажок индикатора часового типа. Индикатор, высокочувствительный прибор, измеряет удлинение трубы Δl . Его цена деления 0,01мм.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомьтесь с установкой, оборудованием и порядком работы.
2. Определите начальную длину l_1 и диаметр трубы d_0 , температуру трубы и воздуха в помещении.
3. Включить нагреватель и фиксируйте изменения температуры трубы в пяти отмеченных точках при изменении показаний микрометра на 10 делений, но не реже 1 раза за 10 минут.

4. Данные занести в таблицу:

$t_T, [^{\circ}\text{C}] =$		$l_0 [\text{мм}] =$						
$t_B, [^{\circ}\text{C}] =$		$d_0 [\text{мм}] =$						
$\tau,$ ЧЧ:ММ	Δl	$t_1, ^{\circ}\text{C}$	$t_2, ^{\circ}\text{C}$	$t_3, ^{\circ}\text{C}$	$t_4, ^{\circ}\text{C}$	$t_5, ^{\circ}\text{C}$	t_{cp}^*	α

* Средняя температура фиксируется по результатам измерения в 5 точках.

5. После выхода на стационарный режим, определяемом по прекращению изменения температуры и длины трубы, по индикатору определите максимальное изменение длины Δl .
6. Определите средний коэффициент температурного расширения по удлинению трубы и по изменению ее диаметра.

$l_0,$ мм	$\Delta l,$ мм	$\Delta t,$ $^{\circ}\text{C}$	$\alpha,$ K^{-1}
$d_0,$ мм.	$\Delta d,$ мм	$\Delta t,$ $^{\circ}\text{C}$	$\alpha,$ K^{-1}

7. Постройте зависимости $t(\tau)$, $\Delta l(t)$ и $\alpha(t)$. Объясните их характер.
8. Рассчитайте изменение размеров циркониевой трубы длиной 10 м при нагреве до 287 °С и прутка из диоксида урана длиной 3 м при нагреве до 1500 °С.
9. Проанализируйте факторы влияющие на погрешность измерения коэффициента теплового расширения.
10. Предложить способ измерения других теплофизических характеристик по имеющимся экспериментальным данным.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как объяснить с точки зрения молекулярно-кинетической теории тепловое расширение тел?
2. Как влияет на точность определения коэффициента теплового расширения точность измерения температуры и ее градиент?
3. Как скажется на погрешности измерения точность определения длины и диаметра трубы и их изменения?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Истинный температурный коэффициент линейного расширения, $10^{-6}K^{-1}$													
		5	10	30	50	100	200	300	400	500	600	800	1000
Алюминий	Al		0,051	1,04	3,62	12,3	20,2	23,3	24,5	26,2	28,1	32,6	
Бериллий	Be					0,66	5,25	9,20	11,5	12,9	14,0	15,9	17,6
Железо	Fe	0,017	0,04	0,22	1,0	5,09	9,96	12,0	13,2	14,4	15,5	16,5	14,7
Золото	Au	0,026	0,228	4,22	7,65	11,5	13,3	14,5	15,0	15,5	16,5	17,7	19,1
Сталь X18H12T		16,6 (373K)	17,0 (473K)	17,2 (573K)	17,5 (673K)	17,9 (773K)	18,2 (873K)	18,6 (973K)	18,9 (1073K)	19,3 (1173K)			
Никель	Ni	0,02	0,05	0,26	1,64	6,61	11,4	13,0	13,7	14,9	16,9	16,7	18,2
Плутоний	Pu						39,5	48,7	41,3 (440K)		8,61 (650K)		-16,3 (750K)
Серебро	Ag	0,0177	0,111	3,36	7,94	14,7	17,8	18,9	19,5	20,2	21,0	23,1	25,6
Титан	Ti		0,03	0,5	1,76	4,59	7,23	8,3	8,82	9,34	9,86	10,96	12,08
Торий	Th			7,3 (70K)		9	10,3	11,2	12,3	13,1	13,7	14,8	
Графит	$\alpha_{ }$			3,8	8,7	17,6	24,9	26,7	27,5	28,1	28,5	28,9	29,2 (950K)
	α_{\perp}			-0,09	-0,50	-1,07	-1,33	-1,22	-0,91	-0,53	-0,18	0,39	0,66 (950K)
Уран	α_a		-136 (36K)		23,9 (90K)		25,7	26	26,2	30,2	35,2	46,6	54,7 (900K)
	α_b		-28,2 (36K)		2,9 (90K)		1,6	0,4	-0,8	-2,5	-5,6	-17,2	-25 (900K)
	α_c		52,1 (36K)		10,9 (90K)		15,0	18,0	21,6	25,8	30,7	41,6	47,2 (900K)
Цирконий	Zr		0,02	0,75	1,9	4,09	5,71	6,18	6,65	7,12	7,59	8,52	9,89 (1100K)
	UO ₂	12,9 (800-1260K)											

Теплопроводность Вт/м К													
		4	10	20	40	80	150	200	300	400	600	800	1000
Азот	N					0,0078	0,0139	0,0183	0,0257	0,0324	0,0446	0,0554	0,065
Алюминий	Al	15700	23500	11700	2400	430	248	237	237	240	230	220	93L
Бериллий	Be	720	1800	3500	4600	1600	450	300	200	160	126	106	91
Водород	H			0,0158	0,0308	0,055	0,101	0,131	0,183	0,226	0,305	0,38	0,45
Гелий	He	0,0083	0,0171	0,026	0,04	0,064	0,095	0,116	0,152	0,183	0,224	0,301	0,355
Железо	Fe	680	1480	1540	620	175	104	94	80	70	55	43	32
Золото	Au	2100	3200	1580	520	332	325	323	317	311	298	284	270
Кислород	O					0,0074	0,0138	0,0183	0,0267	0,034	0,047	0,058	0,07
Магний	Mg	3800	5600	2700	720	200	161	159	156	153	149	146	84
Медь	Cu	16200	24000	10800	2170	560	429	413	401	393	379	366	352
Молибден	Mo	61	150	290	360	210	149	143	138	134	126	118	112
Никель	Ni	860	1800	1650	580	210	122	107	91	80	66	68	72
Олово	Sn	18000	1900	320	130	92	78	73	67	62	32L	36L	41L
Плутоний	Pu					2,9	3,6	4,1	5,2	7,3	11	12	
Серебро	Ag	14700	16800	5100	1050	470	432	430	429	425	412	396	379
Титан	Ti	5,8	14	28	39	33	27	25	22	20	19	20	21
Торий	Th	360	470	170	84	63	56	55	54	55	56	57	58
Углерод	C	10	81	420	1600	4300	4500	3200	2000	1400	890	670	530
Графит			1,2	4	12	18	13	9,2	5,7	4,1	2,7	2	1,6
Уран	U	4,4	9,8	16	18	21	24	25	28	30	34	39	44
Цирконий	Zr	44	100	110	59	37	28	25	23	22	21	22	24