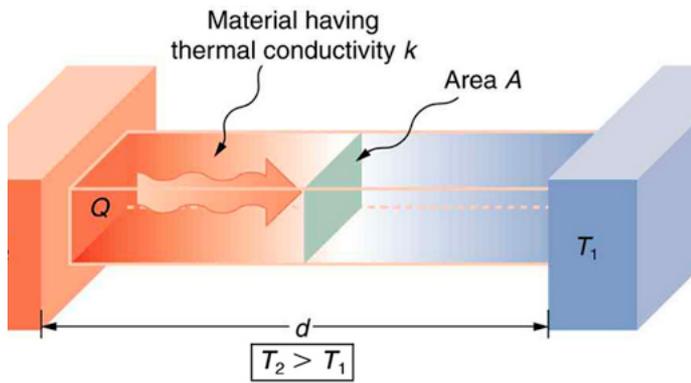




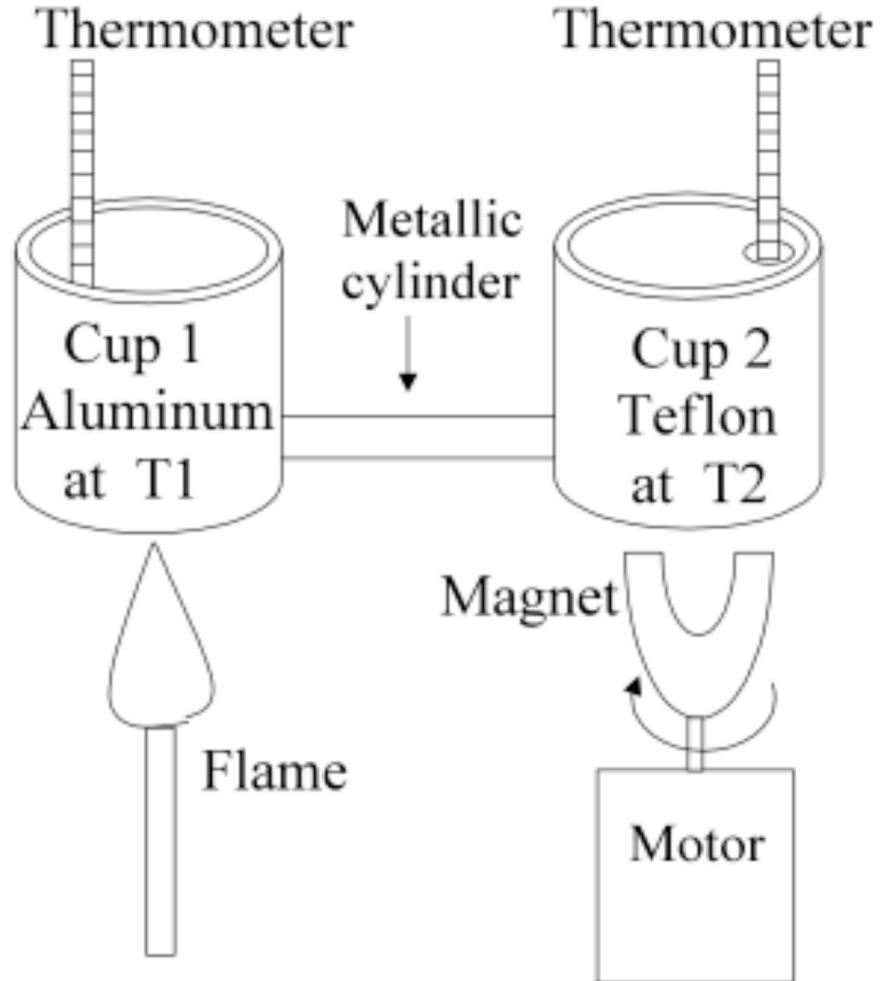
FÍSICA EXPERIMENTAL II

BACHARELADO EM QUÍMICA

Relatório 8: Condutividade Térmica



$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -K \frac{A}{L} \Delta T$$



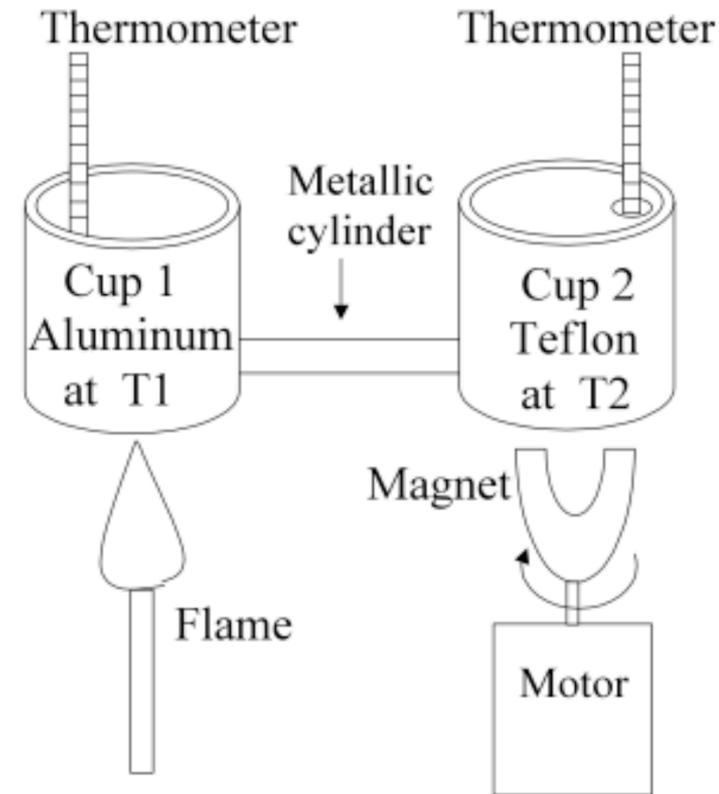
Relatório 8: Condutividade Térmica

• Procedimento Experimental

a) colocar as canecas C1 e C2 a uma mesma altura da mesa, nas suas posições adequadas. Colocar uma massa de água M1 (≈ 300 ml) em C1 e anotar todos os dados necessários: comprimento L (≈ 6 cm) e diâmetro D ($\approx 1,6$ cm) do cilindro metálico, seu material, massa da caneca C2 e massa do cilindro de teflon que está encapando o cilindro metálico. Colocar a tampa em C2 e colocar os termômetros em C1 e C2.

b) iniciar a chama no bico de Bunsen e colocá-la sob C1, zerar o cronômetro e aguardar até que o sistema entre em ebulição.

c) colocar o agitador dentro da caneca C2, assim como uma quantidade de gelo de modo a quase completá-la. Insira ainda uma quantidade de água a temperatura ambiente para preencher os espaços vazios.



Relatório 8: Condutividade Térmica

Procedimento Experimental

d) fechar a tampa de C2, disparar o cronômetro e ligar o agitador.

e) quando T2 começar a variar, iniciar as leituras de T1, T2 e do tempo t ($t_0=0$) montando uma tabela.

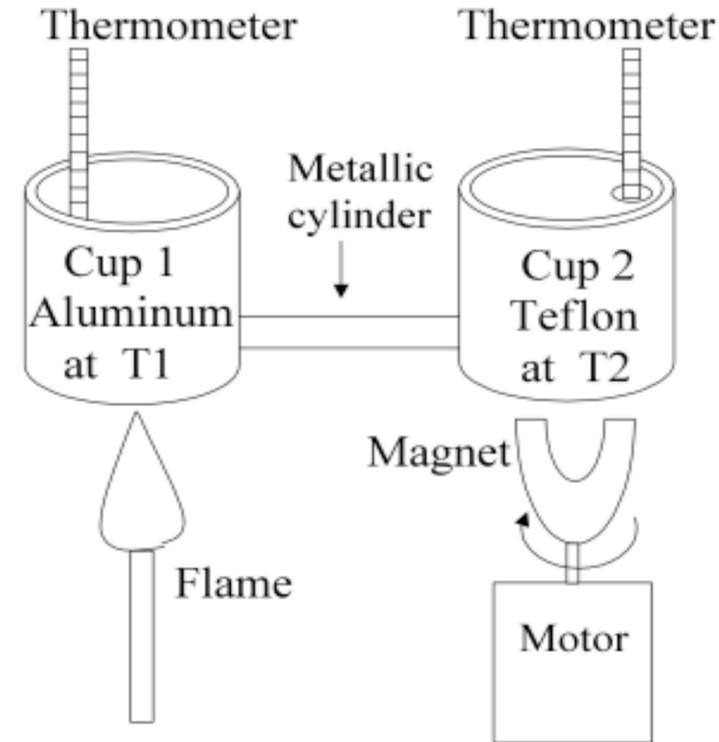
f) repetir as leituras acima para cada variação de um grau em T2. Obter as medidas até $T_2 \approx 45^\circ\text{C}$. Note que, durante essa parte do experimento, T1 irá crescer até aproximadamente 96°C . Para diferentes metais cilíndricos, diferentes quantidades de água de C1 irão evaporar. Procure não deixar que o nível superior em C1 descubra a face do cilindro. Para isso, meça a temperatura da água no ebulidor, certifique-se que esteja bem próxima a T1 e introduza uma pequena quantidade para elevar seu nível. Provavelmente você precisará fazer esse procedimento uma vez para T2 em torno de 39°C . Certifique-se também que está trabalhando com dois termômetros que façam a mesma leitura, i.e. não apresentem um desvio sistemático entre si.

g) desligar o bico de Bunsen, desligar o agitador, desmontar o sistema tomando o cuidado de despejar a água de C2 em um Becker para ser medida. Ao mesmo tempo a água de C1 pode ser rejeitada. Cuidado para evitar acidentes com queimaduras;

h) meça a quantidade de água M2;

i) colocar água à temperatura ambiente nas duas canecas, procurando resfriar as canecas e o cilindro;

j) repetir os itens anteriores para cada cilindro metálico fornecido (i.e., cobre, alumínio e latão) independentemente da sequência. Procurar repetir o experimento uma segunda vez para cada metal, ficando assim com seis tabelas disponíveis.



Relatório 8: Condutividade Térmica

• Resultados e Discussão

a) calcule o valor de K1 para cada variação de 1°C em T2 e complete suas tabelas com os valores de K1 para cada metal;

Tabela 1: Cilindros			
Material	Comprimento (m)	Diâmetro (m)	Área da secção circular ($1,26 \cdot 10^{-5} \text{m}^2$)
Alumínio	0,06	0,016	0,000201
Latão	0,06	0,016	0,000201
Cobre	0,06	0,016	0,000201

$$\Delta Q_{total} = Q_{Ganho} - Q_{Perdido} = 0$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -K \frac{A}{L} \Delta T$$



$$\Delta Q = M2 \cdot ca \cdot \Delta Ta$$



$$K1 = \frac{(M2 \cdot ca \cdot \Delta Ta \cdot L)}{(\Delta T \cdot A \cdot \Delta t)}$$

Variação em T2

Relatório 8: Condutividade Térmica

• Resultados e Discussão

a) calcule o valor de K1 para cada variação de 1°C em T2 e complete suas tabelas com os valores de K1 para cada metal;

Tabela 4 - Cilindro de latão					
Condições iniciais					
t = 0s	T = 366K	T ₀ = 278K	MA = 0,162kg		
t (s)	T (K)	T ₀ (K)	K _{a1} (W/mK)	Erro K _{a1} (W/mK)	
24,87	366	279	93,394	14,474	
53,62	366	280	81,729	12,666	
73,95	366	281	116,938	18,122	
98,25	366	282	98,998	15,342	
123,05	366	283	98,171	15,214	
152,26	366	284	84,366	13,074	
184,88	366	285	76,479	11,852	
211,17	366	286	96,080	14,890	
240,71	366	287	86,591	13,419	
269,62	366	288	89,613	13,888	
302,77	366	289	79,166	12,269	
334,13	366	290	84,786	13,140	
372,49	366	291	70,238	10,885	
410,1	366	292	72,607	11,252	
435,44	366	293	109,240	16,930	
477,72	366	294	66,381	10,288	
519,48	366	295	68,154	10,562	
566,92	366	296	60,851	9,431	
605,03	366	297	76,847	11,909	
643,27	366	298	77,712	12,044	
699,24	366	299	53,887	8,351	
747,48	366	300	63,469	9,836	
801,95	366	301	57,074	8,845	
852,39	366	302	62,598	9,701	
903,7	366	303	62,513	9,688	
964,49	366	304	53,615	8,309	
1025,8	366	305	54,032	8,374	
1088,75	366	306	53,501	8,292	
1160,59	366	307	47,675	7,389	
1208,91	366	308	72,104	11,175	
1282,38	366	309	48,253	7,478	
1353,8	366	310	50,525	7,831	
1420,98	366	311	54,690	8,476	
1494,8	366	312	50,693	7,857	
1579,65	366	313	44,935	6,964	
1664,09	366	314	46,022	7,133	
1749,49	366	315	46,396	7,191	
1833,97	367	316	46,902	7,269	
1920,72	366	317	47,539	7,368	
2021,6	366	318	41,732	6,468	

Tabela 3 - Cilindro de cobre					
Condições iniciais					
t = 0s	T = 362K	T ₀ = 281K	MA = 0,162kg		
t (s)	T (K)	T ₀ (K)	K _{a1} (W/mK)	Erro K _{a1} (W/mK)	
24,3	362	282	116,781	18,095	
49,1	362	283	115,875	17,955	
78,31	362	284	99,642	15,440	
110,93	362	285	90,385	14,005	
137,22	362	286	113,623	17,606	
166,76	362	287	102,470	15,878	
195,67	362	288	106,118	16,443	
228,82	362	289	93,813	14,536	
260,18	362	290	100,545	15,580	
298,54	362	291	83,355	12,916	
336,15	362	292	86,232	13,362	
361,49	362	293	129,841	20,119	
403,77	362	294	78,963	12,236	
445,53	362	295	81,140	12,573	
492,97	362	296	72,507	11,235	
531,08	362	297	91,647	14,201	
569,32	362	298	92,762	14,374	
625,29	362	299	64,383	9,977	
673,53	361	300	77,149	11,955	
728	361	301	69,464	10,764	
778,44	360	302	77,601	12,025	
829,75	360	303	77,623	12,028	
890,54	360	304	66,688	10,334	
951,85	360	305	67,325	10,433	
1014,8	359	306	68,045	10,544	
1086,64	359	307	60,771	9,417	
1134,96	358	308	93,966	14,561	
1208,43	358	309	63,061	9,772	
1279,85	358	310	66,223	10,262	
1347,03	359	311	70,402	10,910	
1420,85	359	312	65,433	10,140	
1505,7	359	313	58,165	9,014	
1590,14	359	314	59,746	9,259	
1675,54	359	315	60,417	9,363	
1760,02	359	316	62,495	9,685	
1846,77	359	317	62,309	9,656	
1947,65	359	318	54,888	8,506	

Tabela 2: Cilindro de alumínio					
Condições iniciais					
t = 0s	T = 363K	T ₀ = 278K	MA = 0,162kg		
t (s)	T (K)	T ₀ (K)	K _{a1} (W/mK)	Erro K _{a1} (W/mK)	
24,87	363	279	96,729	14,991	
53,62	363	280	84,683	13,124	
73,95	363	281	121,216	18,786	
98,25	363	282	102,665	15,910	
123,05	363	283	101,852	15,785	
152,26	362	284	88,692	13,745	
184,88	362	285	80,452	12,468	
211,17	362	286	101,137	15,674	
240,71	362	287	91,210	14,135	
269,62	362	288	94,457	14,639	
302,77	361	289	84,664	13,121	
334,13	361	290	90,757	14,065	
372,49	360	291	76,346	11,832	
410,10	360	292	79,013	12,245	
435,44	360	293	119,023	18,446	
477,72	360	294	72,416	11,223	
519,48	360	295	74,446	11,538	
566,92	360	296	66,556	10,315	
605,03	360	297	84,165	13,044	
643,27	360	298	85,232	13,209	
699,24	361	299	58,233	9,025	
747,48	361	300	68,671	10,643	
801,95	361	301	61,831	9,583	
852,39	361	302	67,902	10,524	
903,70	361	303	67,902	10,524	
964,49	360	304	59,360	9,200	
1025,80	360	305	59,926	9,288	
1088,75	361	306	58,365	9,046	
1160,59	361	307	52,090	8,073	
1208,91	361	308	78,906	12,229	
1282,38	361	309	52,893	8,198	
1353,80	360	310	56,588	8,771	
1420,98	360	311	61,387	9,514	
1494,80	360	312	57,029	8,839	
1579,65	360	313	50,671	7,854	
1664,09	360	314	52,024	8,063	
1749,49	360	315	52,583	8,150	
1833,97	360	316	54,363	8,426	
1920,72	360	317	54,172	8,397	
2021,60	359	318	48,857	7,573	

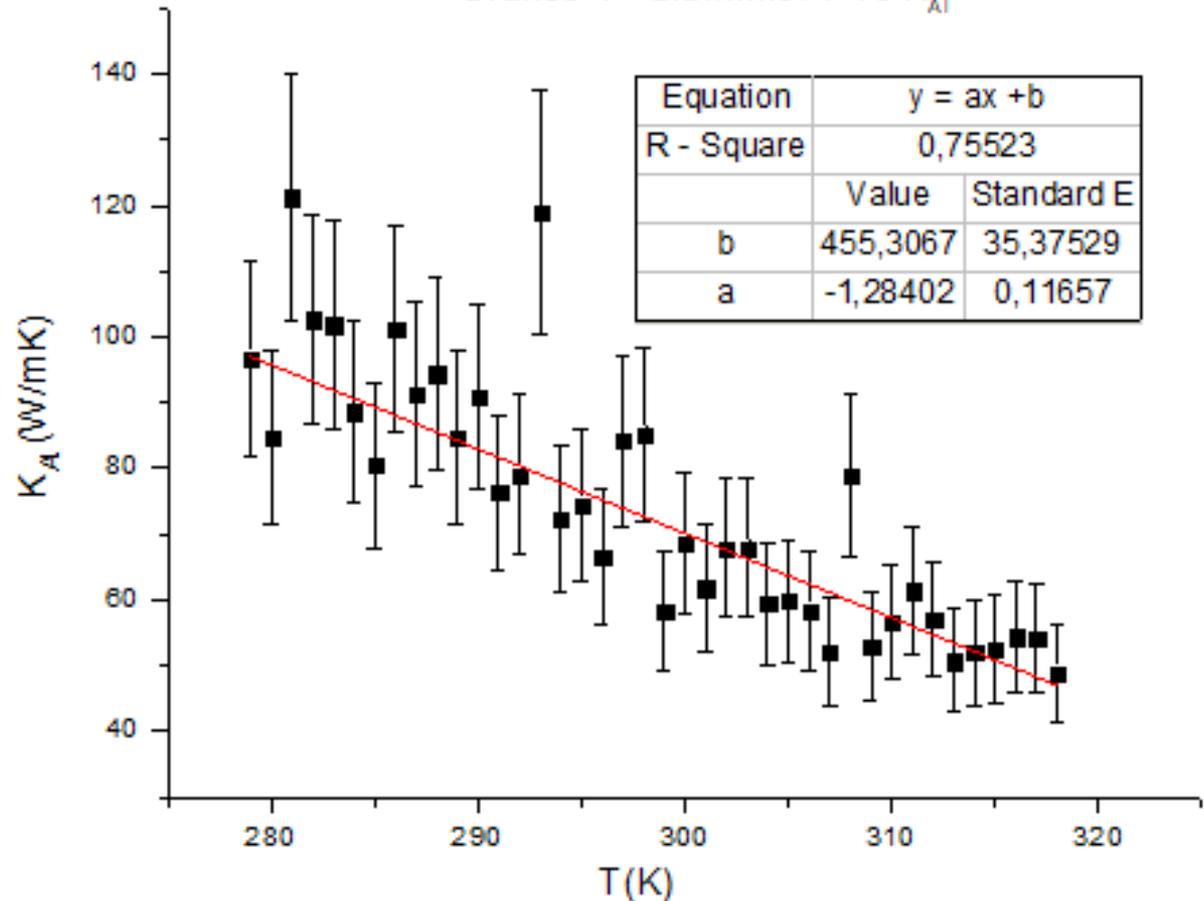
Relatório 8: Condutividade Térmica

Resultados e Discussão

b) faça um gráfico de K_1 em função da temperatura T_2 . Compare com os valores obtidos da literatura e discuta seu experimento. Quais as principais diferenças entre seu modelo teórico e seu experimento? Por que essas diferenças são tão grandes? O que pode ter ocorrido errado no seu experimento ou onde está o problema com seu modelo experimental?

Tabela 2: Cilindro de alumínio				
Condições iniciais				
t = 0s	T = 363K	T ₀ = 278K	MA = 0,162kg	
t (s)	T (K)	T ₀ (K)	K _{al} (W/mK)	Erro K _{al} (W/mK)
24,87	363	279	96,729	14,991
53,62	363	280	84,683	13,124
73,95	363	281	121,216	18,786
98,25	363	282	102,665	15,910
123,05	363	283	101,852	15,785
152,26	362	284	88,692	13,745
184,88	362	285	80,452	12,468
211,17	362	286	101,137	15,674
240,71	362	287	91,210	14,135
269,62	362	288	94,457	14,639
302,77	361	289	84,664	13,121
334,13	361	290	90,757	14,065
372,49	360	291	76,346	11,832
410,10	360	292	79,013	12,245
435,44	360	293	119,023	18,446
477,72	360	294	72,416	11,223
519,48	360	295	74,446	11,538
566,92	360	296	66,556	10,315
605,03	360	297	84,165	13,044
643,27	360	298	85,232	13,209
699,24	361	299	58,233	9,025
747,48	361	300	68,671	10,643
801,95	361	301	61,831	9,583
852,39	361	302	67,902	10,524
903,70	361	303	67,902	10,524
964,49	360	304	59,360	9,200
1025,80	360	305	59,926	9,288
1088,75	361	306	58,365	9,046
1160,59	361	307	52,090	8,073
1208,91	361	308	78,906	12,229
1282,38	361	309	52,893	8,198
1353,80	360	310	56,588	8,771
1420,98	360	311	61,387	9,514
1494,80	360	312	57,029	8,839
1579,65	360	313	50,671	7,854
1664,09	360	314	52,024	8,063
1749,49	360	315	52,583	8,150
1833,97	360	316	54,363	8,426
1920,72	360	317	54,172	8,397
2021,60	359	318	48,857	7,573

Gráfico 1 - alumínio: T vs K_{Al}

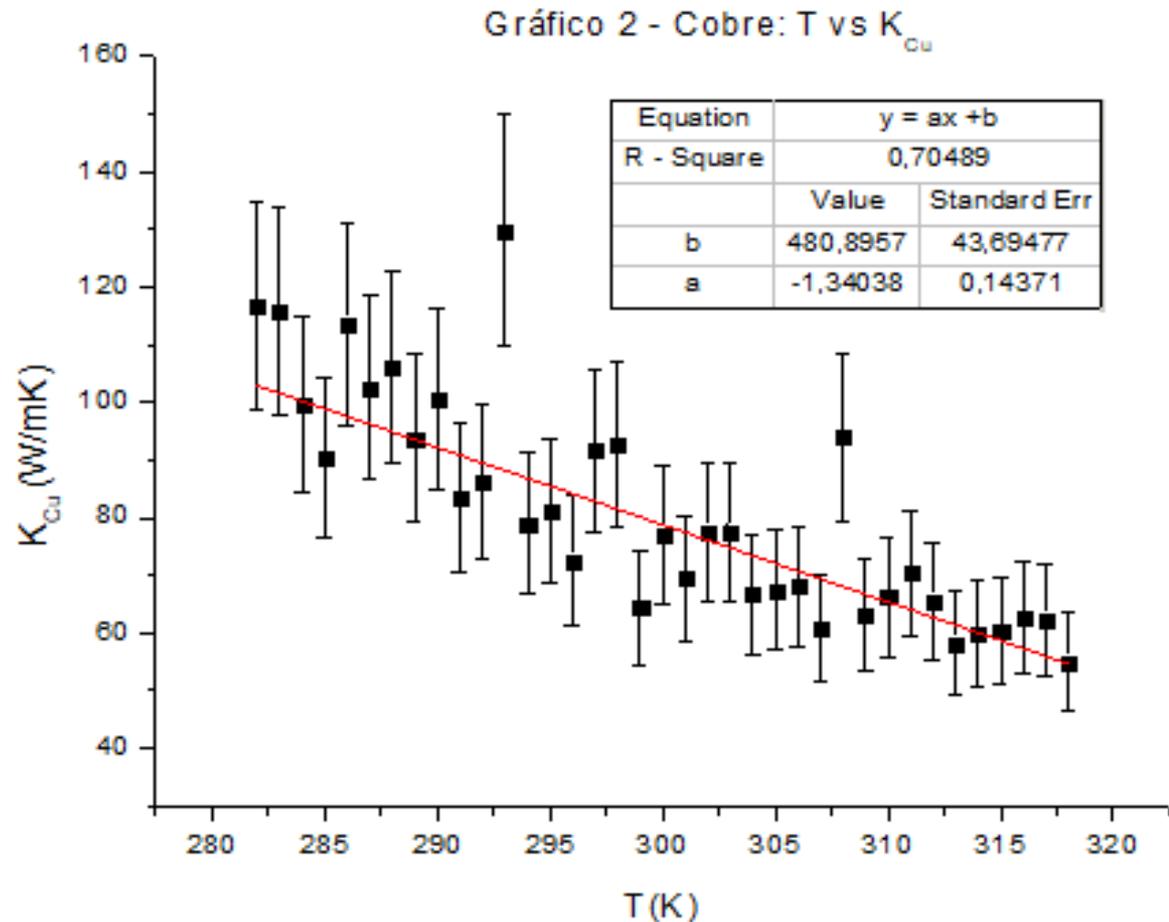


Relatório 8: Condutividade Térmica

Resultados e Discussão

b) faça um gráfico de K_1 em função da temperatura T_2 . Compare com os valores obtidos da literatura e discuta seu experimento. Quais as principais diferenças entre seu modelo teórico e seu experimento? Por que essas diferenças são tão grandes? O que pode ter ocorrido errado no seu experimento ou onde está o problema com seu modelo experimental?

Tabela 3 - Cilindro de cobre				
Condições iniciais				
t = 0s	T = 362K	T ₀ = 281K	MA = 0,162kg	
t (s)	T (K)	T ₀ (K)	K _{a1} (W/mK)	Erro K _{a1} (W/mK)
24,3	362	282	116,781	18,095
49,1	362	283	115,875	17,955
78,31	362	284	99,642	15,440
110,93	362	285	90,385	14,005
137,22	362	286	113,623	17,606
166,76	362	287	102,470	15,878
195,67	362	288	106,118	16,443
228,82	362	289	93,813	14,536
260,18	362	290	100,545	15,580
298,54	362	291	83,355	12,916
336,15	362	292	86,232	13,362
361,49	362	293	129,841	20,119
403,77	362	294	78,963	12,236
445,53	362	295	81,140	12,573
492,97	362	296	72,507	11,235
531,08	362	297	91,647	14,201
569,32	362	298	92,762	14,374
625,29	362	299	64,383	9,977
673,53	361	300	77,149	11,955
728	361	301	69,464	10,764
778,44	360	302	77,601	12,025
829,75	360	303	77,623	12,028
890,54	360	304	66,688	10,334
951,85	360	305	67,325	10,433
1014,8	359	306	68,045	10,544
1086,64	359	307	60,771	9,417
1134,96	358	308	93,966	14,561
1208,43	358	309	63,061	9,772
1279,85	358	310	66,223	10,262
1347,03	359	311	70,402	10,910
1420,85	359	312	65,433	10,140
1505,7	359	313	58,165	9,014
1590,14	359	314	59,746	9,259
1675,54	359	315	60,417	9,363
1760,02	359	316	62,495	9,685
1846,77	359	317	62,309	9,656
1947,65	359	318	54,888	8,506



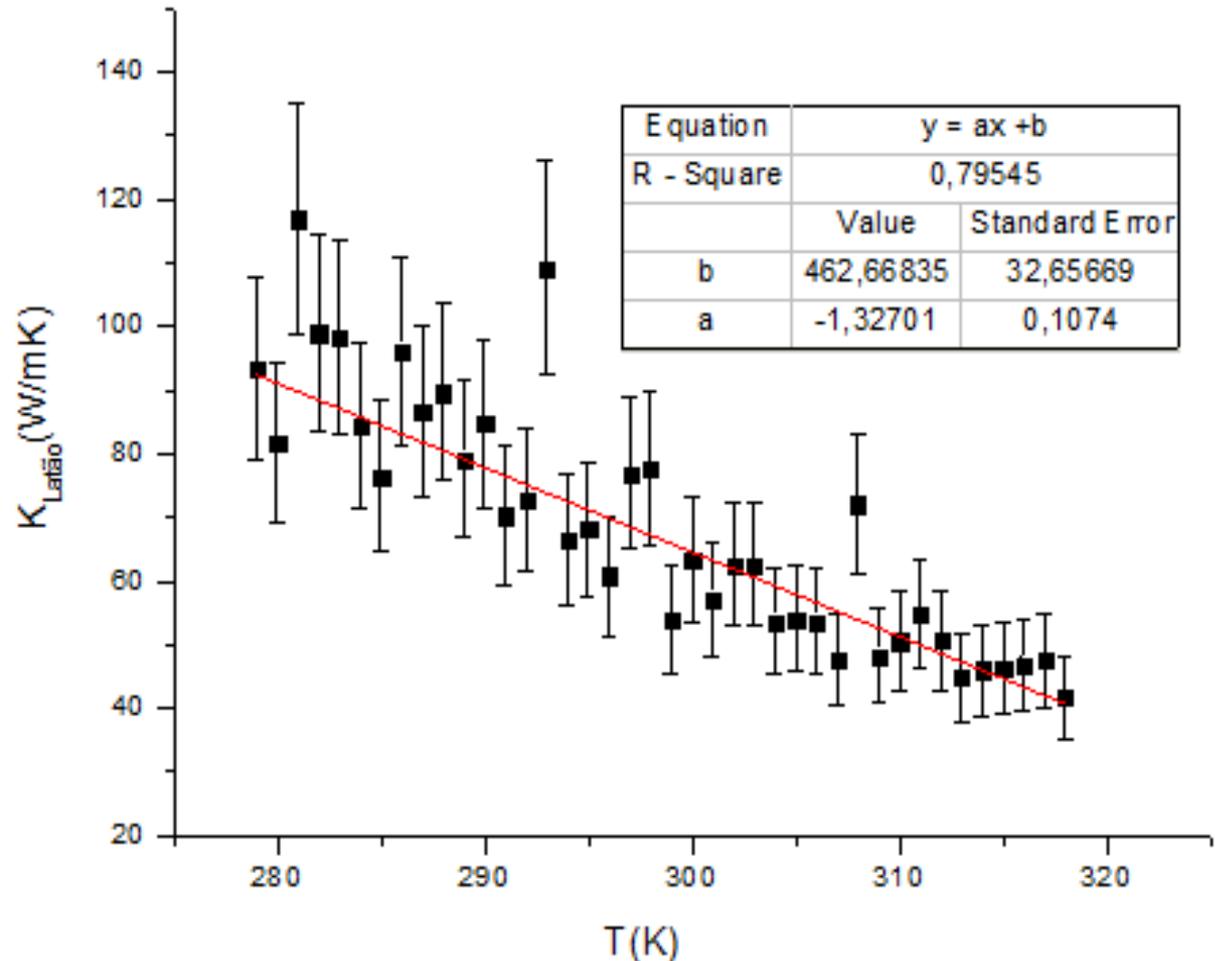
Relatório 8: Condutividade Térmica

Resultados e Discussão

b) faça um gráfico de K_1 em função da temperatura T_2 . Compare com os valores obtidos da literatura e discuta seu experimento. Quais as principais diferenças entre seu modelo teórico e seu experimento? Por que essas diferenças são tão grandes? O que pode ter ocorrido errado no seu experimento ou onde está o problema com seu modelo experimental?

Tabela 4 - Cilindro de latão				
Condições iniciais				
t = 0s	T = 366K	T ₀ = 278K	MA = 0,162kg	
t (s)	T (K)	T ₀ (K)	K _{al} (W/mK)	Erro K _{al} (W/mK)
24,87	366	279	93,394	14,474
53,62	366	280	81,729	12,666
73,95	366	281	116,938	18,122
98,25	366	282	98,998	15,342
123,05	366	283	98,171	15,214
152,26	366	284	84,366	13,074
184,88	366	285	76,479	11,852
211,17	366	286	96,080	14,890
240,71	366	287	86,591	13,419
269,62	366	288	89,613	13,888
302,77	366	289	79,166	12,269
334,13	366	290	84,786	13,140
372,49	366	291	70,238	10,885
410,1	366	292	72,607	11,252
435,44	366	293	109,240	16,930
477,72	366	294	66,381	10,288
519,48	366	295	68,154	10,562
566,92	366	296	60,851	9,431
605,03	366	297	76,847	11,909
643,27	366	298	77,712	12,044
699,24	366	299	53,887	8,351
747,48	366	300	63,469	9,836
801,95	366	301	57,074	8,845
852,39	366	302	62,598	9,701
903,7	366	303	62,513	9,688
964,49	366	304	53,615	8,309
1025,8	366	305	54,032	8,374
1088,75	366	306	53,501	8,292
1160,59	366	307	47,675	7,389
1208,91	366	308	72,104	11,175
1282,38	366	309	48,253	7,478
1353,8	366	310	50,525	7,831
1420,98	366	311	54,690	8,476
1494,8	366	312	50,693	7,857
1579,65	366	313	44,935	6,964
1664,09	366	314	46,022	7,133
1749,49	366	315	46,396	7,191
1833,97	367	316	46,902	7,269
1920,72	366	317	47,539	7,368
2021,6	366	318	41,732	6,468

Gráfico 3 - Latão: T vs K_{Latão}



Relatório 8: Condutividade Térmica

• Resultados e Discussão

b) faça um gráfico de k_1 em função da temperatura T_2 . Compare com os valores obtidos da literatura e discuta seu experimento. Quais as principais diferenças entre seu modelo teórico e seu experimento? Por que essas diferenças são tão grandes? O que pode ter ocorrido errado no seu experimento ou onde está o problema com seu modelo experimental?

- Alumínio:

$$\text{Literatura: } k = 237 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\text{Valor máximo de } k \text{ encontrado: } 121,427 \frac{W}{m \cdot K}$$

-Cobre:

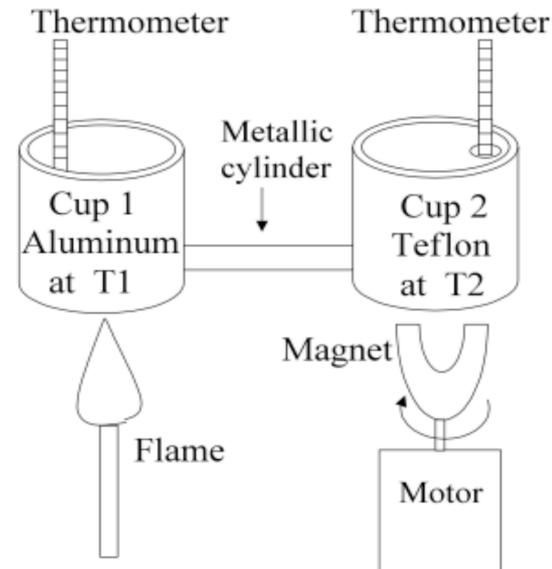
$$\text{Literatura: } k = 401 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\text{Valor máximo de } k \text{ encontrado: } 130,67 \frac{W}{m \cdot K}$$

-Latão:

$$\text{Literatura: } k = 103 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\text{Média dos 5 primeiros } k \text{ encontrados: } 98,016 \frac{W}{m \cdot K}$$



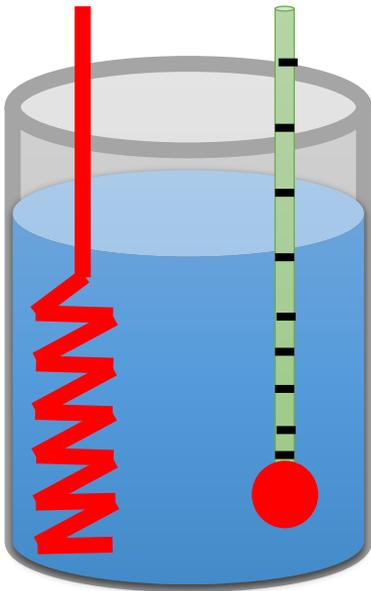


FÍSICA EXPERIMENTAL II

BACHARELADO EM QUÍMICA

Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

- Trabalho x Calor-> Joule x Caloria



$$Q_R = P \Delta t = \frac{V^2}{R} \Delta t \text{ em Joule}$$

$$Q_S = M c_{H_2O} \Delta T + C \Delta T \text{ em calorias}$$

Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

• Parte I – Capacidade calorífica do calorímetro

I.a) Introduza uma quantidade de água M_0 (≈ 100 ml) à temperatura T_0 (\approx ambiente) dentro do calorímetro e aguarde até que o sistema entre em equilíbrio. Aqueça uma quantidade de água M_1 ($\approx M_0$) e insira no calorímetro, use o agitador mecânico para homogeneizar a mistura e observe a temperatura de equilíbrio T_E .

II.b) repita o procedimento três vezes calculando a capacidade térmica do calorímetro para cada caso e calculando o valor médio ao final.

M_0 (g)	T_0 (°C)	M_1 (g)	T_1 (°C)	T_e (°C)	C (cal/g°C)	σC (cal/g°C)
95	23,9	86	80	49	11,215	7,990
94	24,2	92	83	51,5	12,154	8,008
96	24,9	85	84	51,3	9,284	7,655

Tabela 2: Dados referente à determinação da capacidade calorífica do calorímetro.

$$Q_{\text{calorímetro}} + Q_{\text{água fervida}} + Q_{\text{água ambiente}} = 0$$

$$C * (T_e - T_0) + M_0 * c * (T_e - T_0) + M_1 * c * (T_e - T_1) = 0$$

$$C = \frac{-M_0 * c * (T_e - T_0) - M_1 * c * (T_e - T_1)}{(T_e - T_0)} \quad (1)$$

$$C = 10,884 \pm 1,905 \text{ cal/g}^\circ\text{C}.$$

Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

- **Parte II – Determinação do equivalente mecânico**

II.a) meça e anote o valor da resistência R ($\approx 10\Omega$) usando o multímetro.

II.b) introduza uma quantidade de água MA ($\approx 200\text{ml}$) dentro do calorímetro e tampe-o. Meça o valor da temperatura inicial T_I .

II.c) aplique uma tensão contínua externa V ($\approx 10\text{V}$). Faça uma tabela e monitore com o auxílio do cronômetro o tempo necessário para que a temperatura do sistema (TS) se eleve de um grau. Use o agitador mecânico para homogeneizar a mistura.

II.d) anote cada valor da temperatura (TS) e o respectivo tempo transcorrido. Continue executando o procedimento II.c desde $TS = T_I$ até aproximadamente $TS \approx 40^\circ\text{C}$, onde deve desligar a tensão aplicada. Inclua uma terceira coluna em sua tabela para o equivalente mecânico do calor calculado para cada variação de um grau em TS .

II.e) repita o experimento montando uma segunda tabela.

Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

- Na segunda parte do experimento o calor disperso pela fonte devido ao efeito Joule é dado pela equação abaixo:

$$Q_R = P\Delta t = \frac{V^2}{R}\Delta t \text{ em Joule}$$

- Onde P é a potência da fonte, Δt é variação de tempo, V é o valor da voltagem sobre o circuito e R é o valor da resistência do calorímetro.
- E o calor absorvido pelo sistema água-calorímetro é descrito por:

$$Q_S = M c_{H_2O} \Delta T + C \Delta T \text{ em calorias}$$

- Onde M e c_{H_2O} são respectivamente a massa e o calor específico d'água, C é a capacidade calorífica do calorímetro e ΔT é a variação da temperatura do sistema.

Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

$$J * Q_s = QR$$

$$J * (M c_{H_2O} \Delta T + C \Delta T) = \frac{v^2}{R} \Delta t$$

Tabela 2 - massa d'água 0,192kg							
T (K)	t (s)	Q _J (J)	Erro Q _J (J)	Q _S (cal)	Erro Q _S (cal)	J (J/cal)	Erro J (J/cal)
300,4	0	-	-	-	-	-	-
301	37	339,450	4,608	121,731	3,136	2,789	0,081
302	103	605,505	8,218	202,884	3,562	2,984	0,066
303	172	633,028	8,592	202,884	3,562	3,120	0,069
304	262	825,688	11,206	202,884	3,562	4,070	0,090
305	372	1009,174	13,696	202,884	3,562	4,974	0,110
306	481	1000,000	13,571	202,884	3,562	4,929	0,109
307	600	1091,743	14,816	202,884	3,562	5,381	0,119
308	697	889,908	12,078	202,884	3,562	4,386	0,097
309	804	981,651	13,322	202,884	3,562	4,838	0,107
310	909	963,303	13,073	202,884	3,562	4,748	0,105
311	1012	944,954	12,824	202,884	3,562	4,658	0,103
312	1119	981,651	13,322	202,884	3,562	4,838	0,107
313	1227	990,826	13,447	202,884	3,562	4,884	0,108
314	1328	926,606	12,575	202,884	3,562	4,567	0,101
315	1426	899,083	12,202	202,884	3,562	4,432	0,098
316	1524	899,083	12,202	202,884	3,562	4,432	0,098
Média de J (J/cal):						4,377 ± 0,025	

Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

$$J * Q_s = QR$$

$$J * (M c_{H_2O} \Delta T + C \Delta T) = QR \frac{V^2}{R} \Delta t =$$

Tabela 3 - massa d'água 0,190kg

T (K)	t (s)	Q _T (J)	Erro Q _T (J)	Q _S (cal)	Erro Q _S (cal)	J (J/cal)	Erro J (J/cal)
297,7	0	-	-	-	-	-	-
298	18	165,138	2,245	60,265	2,910	2,740	0,137
299	91	669,725	9,090	200,884	3,531	3,334	0,074
300	163	660,550	8,965	200,884	3,531	3,288	0,073
301	235	660,550	8,965	200,884	3,531	3,288	0,073
302	306	651,376	8,841	200,884	3,531	3,243	0,072
303	376	642,202	8,716	200,884	3,531	3,197	0,071
304	463	798,165	10,833	200,884	3,531	3,973	0,088
305	581	1082,569	14,692	200,884	3,531	5,389	0,120
306	687	972,477	13,198	200,884	3,531	4,841	0,107
307	796	1000,000	13,571	200,884	3,531	4,978	0,111
308	904	990,826	13,447	200,884	3,531	4,932	0,110
309	1012	990,826	13,447	200,884	3,531	4,932	0,110
310	1136	1137,615	15,439	200,884	3,531	5,663	0,126
311	1220	770,642	10,459	200,884	3,531	3,836	0,085
312	1323	944,954	12,824	200,884	3,531	4,704	0,104
313	1426	944,954	12,824	200,884	3,531	4,704	0,104
Média de J (J/cal):						4,190 ± 0,025	

Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

Calcule o equivalente mecânico do calor também de forma gráfica.

$$\frac{V^2}{R} \Delta t = J * (M c_{H_2O} \Delta T + C \Delta) T \rightarrow \frac{V^2}{JR} \Delta t = M c_{H_2O} (T - T_0) + C (T - T_0)$$

$$\frac{V^2}{JR} \Delta t = (M c_{H_2O} + C) T - (M c_{H_2O} + C) T_0$$

$$\frac{V^2}{JR(M c_{H_2O} + C)} \Delta t = T - T_0$$

$$T = \frac{1}{J} * \frac{V^2}{R(M c_{H_2O} + C)} \Delta t + T_0$$

Y = a * X + b

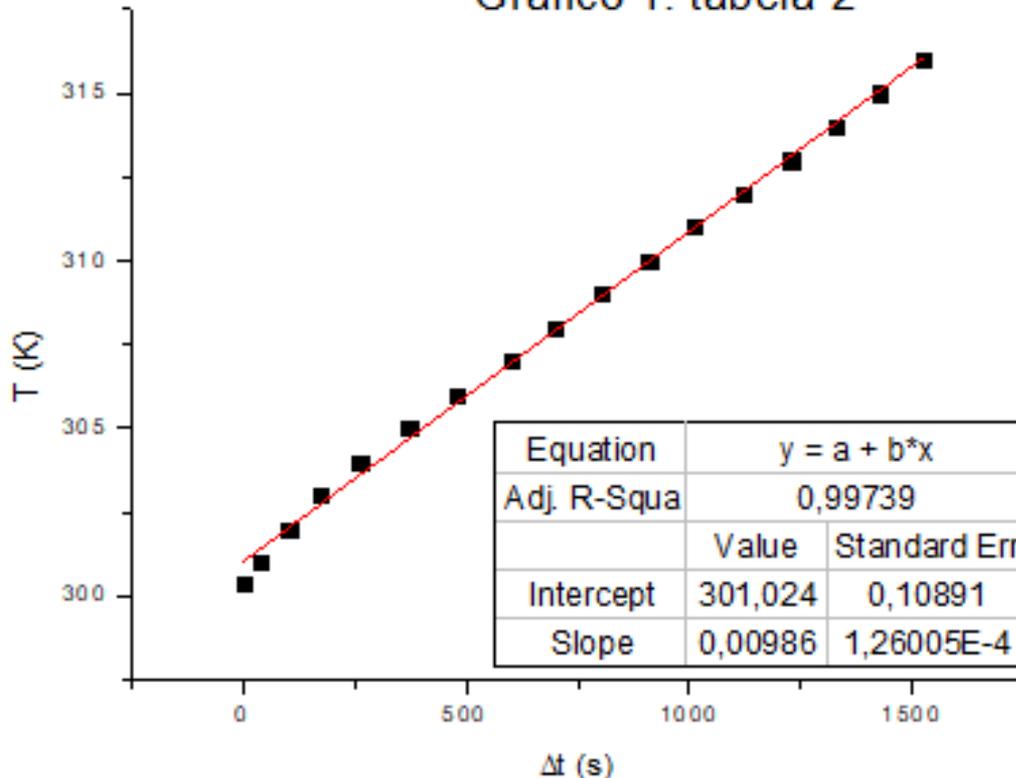
Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

Calcule o equivalente mecânico do calor também de forma gráfica.

$$T = \frac{1}{J} * \frac{V^2}{R(M_{CH_2O} + C)} \Delta t + T_0$$

Y = a*X + b

Gráfico 1: tabela 2



Assim, para o primeiro gráfico temos:

$$J = \frac{V^2}{aR(M_{CH_2O} + C)}$$

$$= \frac{10^2}{9,86 \cdot 10^3 \cdot 10,29 \cdot (0,192 \cdot 10^3 + 10,884)}$$

$$J = 4,858 \text{ J/cal}$$

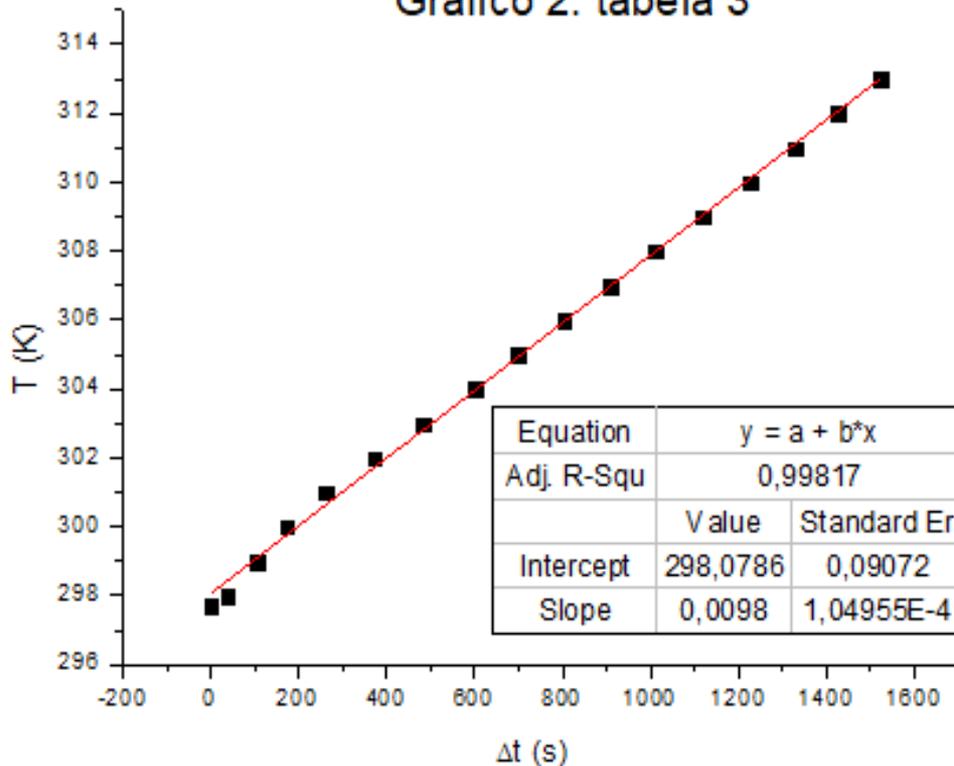
Relatório 9: Relação Trabalho e Calor

Calcule o equivalente mecânico do calor também de forma gráfica.

$$T = \frac{1}{J} * \frac{V^2}{R(M_{C_{H_2O}} + C)} \Delta t + T_0$$

Y = a*X + b

Gráfico 2: tabela 3



Assim, para o gráfico temos:

$$J = \frac{10^2}{9,8 \cdot 10^3 \cdot 10,29 \cdot (0,19 \cdot 10^3 + 10,884)}$$

$$J = 4,936 \text{ J/cal}$$



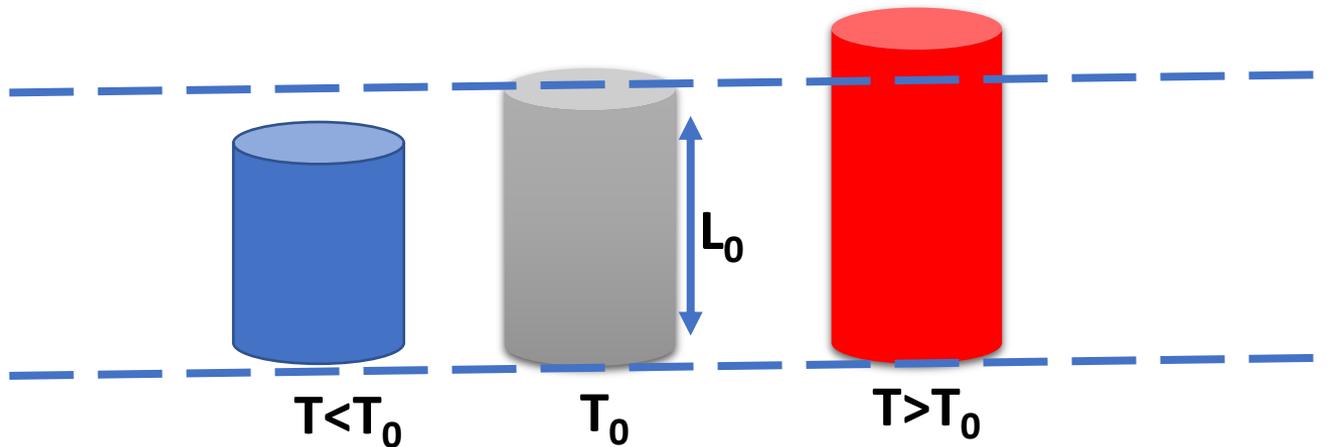
FÍSICA EXPERIMENTAL II

BACHARELADO EM QUÍMICA

Relatório 10: Dilatação Linear

Coefficiente de Dilatação Térmica

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$



Linear, superficial e volumétrica.

Relatório 10: Dilatação Linear

• Procedimento Experimental

- a) Preencha em torno de 150 ml, de um dos béqueres, com água e gelo;
- b) Insira o primeiro grupo de cilindros no béquer e aguarde o equilíbrio térmico (por volta de 5 minutos);
- c) Retire uma peça, com a pinça, e meça imediatamente o seu comprimento e seu diâmetro com o micrômetro;
- d) Meça, também, a temperatura da água no momento da retirada;
- e) Repita os itens de c) a d) para os demais grupos de cilindros;
- f) Repita os procedimentos do a) até o e) para a água a temperatura ambiente;
- g) Aqueça a água na jarra elétrica até $\sim 70^{\circ}\text{C}$. Coloque-a no béquer e este sobre a chapa de aquecimento ligada com o termostato em 100°C . Mergulhe os cilindros no béquer e quando a temperatura estabilizar em 60°C , repita os procedimentos de c) a e);
- h) Esquente a água até entrar em ebulição e repita os procedimentos de c) a e).

Relatório 10: Dilatação Linear

Valores Médios de ΔL e ΔT

Comprimento dos cilindros a temperatura ambiente (mm)				
Medição	Alúminio	Inox	Latão	Cobre
1	20,008	20,001	19,999	19,997
2	19,995	19,997	20,006	19,997
3	20,002	19,942	19,999	20,004
Médias ($\pm 0,033\text{mm}$)	20,002	19,980	20,001	19,999

Comprimento dos cilindros a $3,3 \pm 0,1$ °C (mm)				
Medição	Alúminio	Inox	Latão	Cobre
1	19,989	19,981	19,981	19,991
2	19,985	19,993	19,993	19,992
3	19,996	19,929	19,929	19,991
Médias ($\pm 0,042\text{mm}$)	19,990	19,968	19,968	19,991

Material	α ($10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	Erro α ($10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
Alúminio	2,96	1,489
Inox	3,133	1,491
Latão	8,544	1,489
Cobre	2,031	1,49

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$
$$\alpha = \frac{(L - L_0)}{L_0 * (T - T_0)}$$

Relatório 10: Dilatação Linear

Cálculo Ponto a Ponto

Alumínio- Água+gelo	L(mm)	T (°C)	$\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$	$\sigma\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$
1º	19,989	3,3	$3,266*10^{-5}$	$1,005*10^{-7}$
2º	19,985	3,3	$4,271*10^{-5}$	$1,314*10^{-7}$
3º	19,996	3,3	$1,507*10^{-5}$	$4,639*10^{-8}$

Tabela 3

Média: $3,015*10^{-5} \pm 1,005*10^{-7}{}^{\circ}\text{C}^{-1}$

Alumínio- Aproximadamente 100°C	L(mm)	T(°C)	$\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$	$\sigma\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$
1º	20,029	94,2	$1,901*10^{-5}$	$1,046*10^{-8}$
2º	20,019	94,2	$1,197*10^{-5}$	$6,585*10^{-9}$
3º	20,032	93,8	$2,124*10^{-5}$	$1,169*10^{-8}$

Tabela 4

Média: $1,741*10^{-5} \pm 1,701*10^{-8}{}^{\circ}\text{C}^{-1}$

Alumínio- Aproximadamente 60°C	L (mm)	T (°C)	$\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$	$\sigma\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$
1º	20,021	63,8	$2,339*10^{-5}$	$1,315*10^{-8}$
2º	20,017	62,9	$1,889*10^{-5}$	$1,062*10^{-8}$
3º	20,027	62,5	$3,180*10^{-5}$	$1,791*10^{-8}$

Tabela 5

Média: $2,469*10^{-5} \pm 2,463*10^{-8}{}^{\circ}\text{C}^{-1}$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\alpha = \frac{(L - L_0)}{L_0 * (T - T_0)}$$

Relatório 10: Dilatação Linear

Valores Médios de ΔL e ΔT

Cilindros a ≈ 60 °C				
	Alúminio		Inox	
Medição	Temperatura ($\pm 0,1$ °C)	Comprimento ($\pm 0,025$ mm)	Temperatura ($\pm 0,1$ °C)	Comprimento ($\pm 0,025$ mm)
1	63,8	20,021	61,6	20,011
2	62,9	20,017	61,8	20,008
3	62,5	20,027	62,1	19,994
Médias	$63,067 \pm 0,673$ °C	$20,022 \pm 0,026$ mm	$61,833 \pm 0,271$ °C	$20,004 \pm 0,027$ mm

Cilindros a ≈ 60 °C				
	Latão		Cobre	
Medição	Temperatura ($\pm 0,1$ °C)	Comprimento ($\pm 0,025$ mm)	Temperatura ($\pm 0,1$ °C)	Comprimento ($\pm 0,025$ mm)
1	62,7	20,008	62,8	20,003
2	63,5	20,011	62,5	20,001
3	61,9	20,022	66,3	20,014
Médias	$62,700 \pm 0,806$ °C	$20,014 \pm 0,026$ mm	$63,867 \pm 0,212$ °C	$20,006 \pm 0,026$ mm

Material	α (10^{-5} °C ⁻¹)	Erro α (10^{-5} °C ⁻¹)
Alúminio	2,55	6,088
Inox	3,109	6,36
Latão	1,603	6,145
Cobre	0,819	5,9693

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\alpha = \frac{(L - L_0)}{L_0 * (T - T_0)}$$

Relatório 10: Dilatação Linear

Valores Médios de ΔL e ΔT

Cilindros a ≈ 60 °C				
	Alúminio		Inox	
Medição	Temperatura ($\pm 0,1$ °C)	Comprimento ($\pm 0,025$ mm)	Temperatura ($\pm 0,1$ °C)	Comprimento ($\pm 0,025$ mm)
1	63,8	20,021	61,6	20,011
2	62,9	20,017	61,8	20,008
3	62,5	20,027	62,1	19,994
Médias	$63,067 \pm 0,673$ °C	$20,022 \pm 0,026$ mm	$61,833 \pm 0,271$ °C	$20,004 \pm 0,027$ mm

Cilindros a ≈ 60 °C				
	Latão		Cobre	
Medição	Temperatura ($\pm 0,1$ °C)	Comprimento ($\pm 0,025$ mm)	Temperatura ($\pm 0,1$ °C)	Comprimento ($\pm 0,025$ mm)
1	62,7	20,008	62,8	20,003
2	63,5	20,011	62,5	20,001
3	61,9	20,022	66,3	20,014
Médias	$62,700 \pm 0,806$ °C	$20,014 \pm 0,026$ mm	$63,867 \pm 0,212$ °C	$20,006 \pm 0,026$ mm

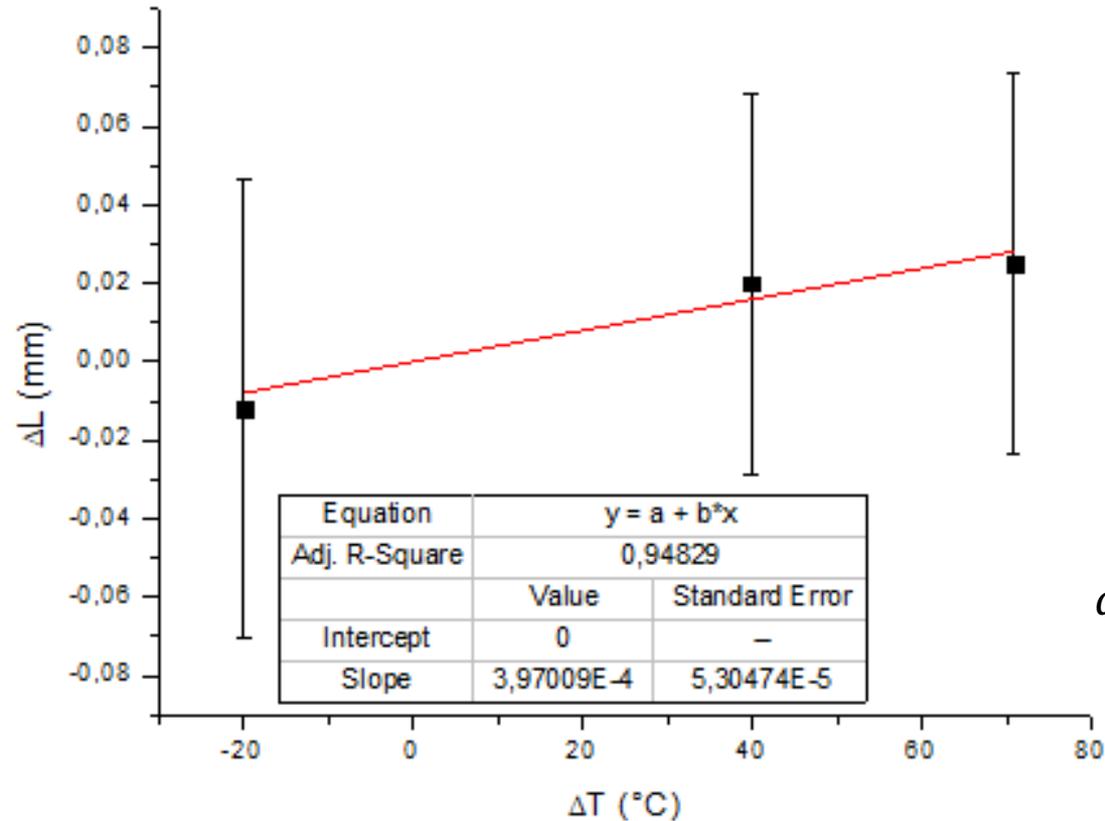
Material	α (10^{-5} °C $^{-1}$)	Erro α (10^{-5} °C $^{-1}$)
Alúminio	2,55	6,088
Inox	3,109	6,36
Latão	1,603	6,145
Cobre	0,819	5,9693

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

Relatório 10: Dilatação Linear

Método Gráfico

Gráfico 1: Alumínio



$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

Y = a * X + b

$$L_0 = 20,002$$

$$\alpha = 1,985 \times 10^{-5} \pm 2,652 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Relatório 10: Dilatação Linear

$\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$	Alumínio	Inox	Latão	Cobre
Calculado ponto a ponto	$2,408 * 10^{-5}$ $\pm 1,745 * 10^{-7}$	$2,785 * 10^{-5}$ $\pm 4,903 * 10^{-7}$	$3,786 * 10^{-5}$ $\pm 1,062 * 10^{-7}$	$1,205 * 10^{-5}$ $\pm 3,359 * 10^{-8}$
Calculado pelos métodos gráficos	$2,047 * 10^{-5}$ $\pm 2,901 * 10^{-6}$	$3,13 * 10^{-5}$ $\pm 1,265 * 10^{-7}$	$2,599 * 10^{-5}$ $\pm 9,01 * 10^{-6}$	$1,153 * 10^{-5}$ $\pm 2,918 * 10^{-6}$
Encontrado na literatura	$2,4 * 10^{-5}$	$1,1 * 10^{-5}$	$1,9 * 10^{-5}$	$1,7 * 10^{-5}$

$\alpha (10^{-5} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1})$				
Fonte	Alúminio	Inox	Latão	Cobre
Tabelas	2,283	2,270	3,877	1,463
Gráficos	1,985	2,345	1,688	1,297
Literatura	2,400	1,100	1,800	1,680

