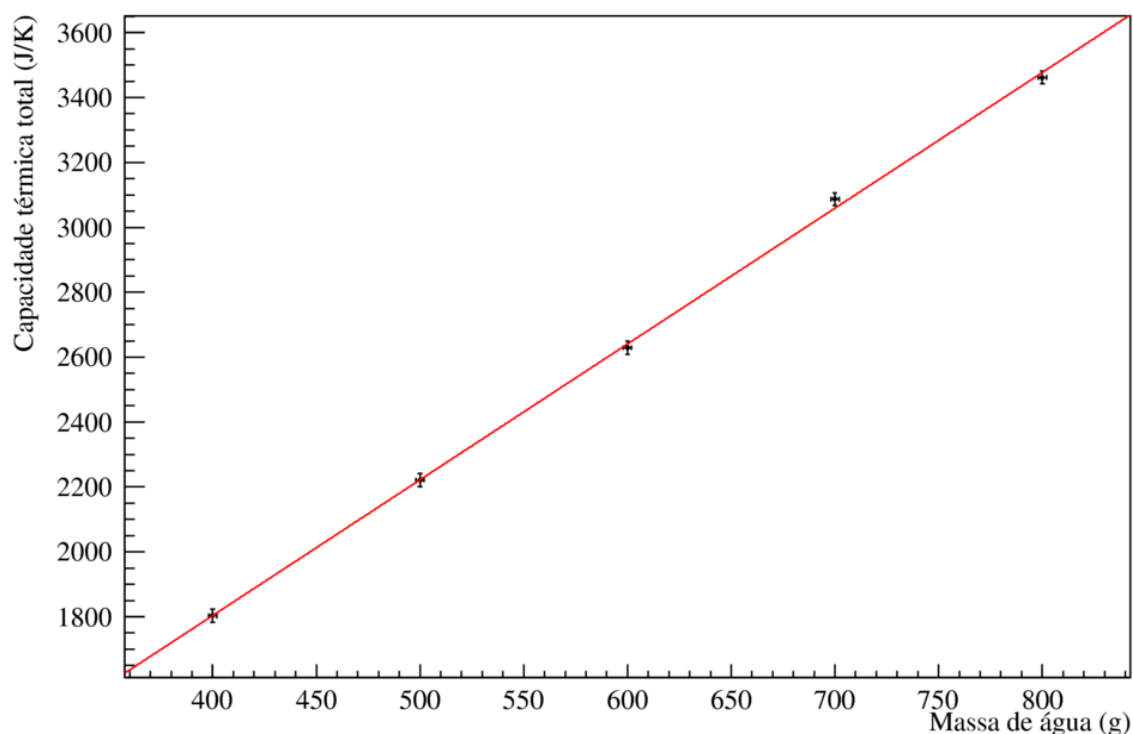


Tratamento Estatístico de Dados em Física Experimental - Atividade 09

Propagação de incertezas com covariâncias

Faça as questões propostas e transcreva suas respostas para o formulário correspondente <https://forms.gle/GZxQotuQCX9V2b5j9>. Esta atividade deve ser entregue até às **23h59** do dia 20/10 (quarta-feira). Até o final do prazo é possível revisar as respostas.

O gráfico apresenta o ajuste pelo WebRoot* da capacidade térmica total de um calorímetro (uma garrafa térmica de alumínio) em função da massa de água nele contida [dados adaptados do artigo “Calorímetro Didático”, de J.H. Vuolo e C.H. Furukawa, publicado na Rev. Brasileira de Ensino de Física **17** (1995) p.140]. Como a capacidade térmica total é a soma da capacidade térmica do calorímetro com a capacidade térmica da água (o produto da massa de água contida no calorímetro pelo calor específico da água), a função ajustada foi escrita como $y = [0] + [1] x$, onde y é a capacidade térmica total (em joules por kelvin), x é a massa de água (em gramas), o parâmetro $[0]$ é a capacidade térmica do calorímetro, C_{cal} , e o parâmetro $[1]$ é o calor específico da água, c_{H_2O} .



Resultados do ajuste

Número de parâmetros	2
Chi²	2.47
Número de graus de liberdade	3

Matriz de covariância

1786.08	-2.82012
-2.82012	0.00470021

Matriz de correlação

1.00	-0.97
-0.97	1.00

Parâmetro	Valor	Incerteza
0	129.753	42.262
1	4.18441	0.0685581

Grupo de Íons Pesados Relativísticos (GRIPER) do IFUSP (2011)

* Resultados obtidos com a versão *classic* do WebRoot, <http://webroot.if.usp.br/classic/>, mas também poderiam ter sido obtidos com a versão *pandemia* do WebRoot, <http://webroot.if.usp.br/pandemia/>, com o ATUS, <https://atusweb.xyz/>, ou com a planilha MMQ, <https://t2m.io/wRtPcihp>.

Responda aos itens a seguir tomando o cuidado de escrever todas as respostas da forma adequada: isto é, com a indicação de unidades (quando houver) e com o número correto de algarismos significativos ou com o número de casas decimais especificadas.

- a) Qual é o resultado para a capacidade térmica do calorímetro e para o calor específico da água?
- b) Qual é a covariância entre a capacidade térmica do calorímetro e o calor específico da água? **Escreva a covariância com 3 algarismos significativos. Não se esqueça da unidade (se houver).**
- b.1) Calcule o coeficiente de correlação entre a capacidade térmica do calorímetro e o calor específico da água a partir da covariância e das incertezas correspondentes. **Escreva o coeficiente de correlação calculado desta forma com 3 casas decimais** (note que o WebRoot fornece os coeficientes de correlação com apenas 2 casas decimais, então é preciso calculá-la a partir da covariância e das incertezas dos parâmetros para obter a correlação com 3 casas decimais). **Não se esqueça da unidade (se houver).**
- c) Com base nos resultados do ajuste, determine a capacidade térmica total do calorímetro, com sua respectiva incerteza, quando preenchido com exatamente 1 kg de água (isto é, quando $m = 1000\text{ g}$, sem incerteza). **Tente entender por que essa capacidade térmica, que é a soma de C_{cal} com $m \cdot c_{H_2O}$, tem incerteza menor que C_{cal} .**
- d) Obtenha a expressão para a incerteza da capacidade térmica total em termos da massa de água e determine a massa m' para o qual essa incerteza é mínima e o correspondente valor da incerteza da capacidade térmica total quando a massa é m' , $\sigma_{C_T}(m')$. **Escreva esses resultados com 3 algarismos significativos.** Dica: pode ser conveniente minimizar a variância ao invés da incerteza (isso pode ser feito porque como a incerteza não pode ser negativa, minimizar a incerteza é equivalente a minimizar o quadrado da incerteza).
- e) O que mudaria nos itens c e d se não houvesse covariância entre os parâmetros ajustados? **Indique quais respostas não iriam mudar e, para as respostas que seriam diferentes, escreva as respostas que seriam obtidas se a covariância entre os parâmetros do ajuste fosse zero.**