

Secretaria de
Educação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado de Educação

Comte Bittencourt
Secretário de Estado de Educação

Andrea Marinho de Souza Franco
Subsecretária de Gestão de Ensino

Elizângela Lima
Superintendente Pedagógica

Coordenadoria de Áreas do Conhecimento
Maria Claudia Chantre

Assistentes

Carla Lopes
Catia Batista Raimundo
Fabiano Farias de Souza
Roberto Farias
Verônica Nunes

Texto e conteúdo

Prof. Geneci Alves de Sousa
C.E. Prof. José Accioli
Prof. Leonardo Elydio da Silveira
C.E. Barão de Macaúbas
Prof. Rodrigo C.S. Benevides
C.E. Andre Maurois
Prof. Sandro Jerônimo dos Santos
C.E Central do Brasil
Prof. Wellington Dutra dos Reis
C.E. Presidente Bernardes

Capa

Luciano Cunha

Revisão de texto

Prof^a Alexandra de Sant Anna Amancio Pereira
Prof^a Andreia Cristina Jacurú Belletti
Prof^a Andreza Amorim de Oliveira Pacheco.
Prof^a Cristiane Póvoa Lessa
Prof^a Deolinda da Paz Gadelha
Prof^a Elizabete Costa Malheiros
Prof^a Ester Nunes da Silva Dutra
Prof^a Isabel Cristina Alves de Castro Guidão
Prof José Luiz Barbosa
Prof^a Karla Menezes Lopes Niels
Prof^a Kassia Fernandes da Cunha
Prof^a Leila Regina Medeiros Bartolini Silva
Prof^a Lidice Magna Itapeassú Borges
Prof^a Luize de Menezes Fernandes
Prof Mário Matias de Andrade Júnior
Prof Paulo Roberto Ferrari Freitas
Prof^a Rosani Santos Rosa
Prof^a Saionara Teles De Menezes Alves
Prof Sammy Cardoso Dias
Prof Thiago Serpa Gomes da Rocha

Esse documento é uma curadoria de materiais que estão disponíveis na internet, somados à experiência autoral dos professores, sob a intenção de sistematizar conteúdos na forma de uma orientação de estudos.

2021 - Secretaria de Estado de Educação. Todos os direitos reservados.



Física – Orientações de Estudos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO - 6

1. **Aula 1** - Quente ou frio? Mas quanto? - 8

2. **Aula 2** – Temperatura: uma grandeza essencial para a vida e para a ciência - 9

3. **Aula 3** – Que calor! De “onde vem”? - 14

4. **Aula 4** – Calor: O “centro da revolução” - 18

5. **Aula 5** – Atividades e exercícios - 23

6. Considerações Finais - 24

7. Resumo - 24

8. Indicações bibliográficas - 25

Secretaria de
Educação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

Disciplina: Física

ORIENTAÇÕES DE ESTUDOS para Física 1º Bimestre de 2020 - 2ª série do Ensino Médio

Meta da Aula:

Sensibilizar o aluno sobre a distinção entre temperatura e calor, a sua “construção” como conceito e apresentar a relação dessas grandezas com a Revolução Industrial

Objetivos da Aula: Ao final desta orientação de estudos, você deverá ser capaz de:

- Identificar a diferença entre temperatura e calor.
- Compreender que o conceito de calor não foi algo “subitamente descoberto” mas desenvolvido e aprimorado durante um período de tempo (séc XVIII e XIX).
- Relacionar esse processo de construção da “Teoria do Calor” e a Revolução Industrial.

INTRODUÇÃO

Em muitas cidades do nosso país não é preciso nenhuma tecnologia para perceber o que chamamos, de forma genérica, de “fenômenos térmicos”. No verão é comum ouvir (e falar) que „o dia está muito quente” ou que „está fazendo muito calor”.

Essa “simples” informação afeta nossa sensação de “bem estar” ao longo do dia. E isso ocorre justamente pelo fato dela ser um fator chave para uma “coisa” ou conjunto de fenômenos, extremamente complexo mas absolutamente essencial para TODA A VIDA EM NOSSO PLANETA: O CLIMA!

O que chamamos de clima, na verdade é diretamente afetado pelo comportamento térmico dessa fina camada (em comparação com o tamanho da Terra) gasosa que cerca nosso planeta:



Além disso, esta foto nos relembra que a fonte de energia, que mantém toda a vida em nosso planeta vem de uma única estrela a 150 milhões de quilômetros de distância que chamamos de Sol.

Seria impossível abordarmos todos os aspectos (mesmo se focarmos nos principais) da interação desses complexos sistemas aqui nesta orientação de estudos mas é indispensável deixar aqui um alerta: conhecer alguns fundamentos chave do seu comportamento e respectivas consequências críticas é uma obrigação de todos.

A boa notícia é que as duas GRANDEZAS que vamos estudar nesta Orientação de Estudos são, justamente:

TEMPERATURA

≠

CALOR

Surpreso(a)? É verdade: TEMPERATURA e CALOR NÃO SÃO A MESMA COISA!!!

Claro que estamos falando do ponto de vista, não apenas da Física, mas de qualquer Ciência! No dia a dia não é um “crime” usar como temperatura e calor como sinônimos mas é muito “saudável” diferenciá-los pois cientificamente são conceitos de natureza muito diferente. E isso, claro, vale para o ENEM, para o “mundo adulto”, para o ambiente de trabalho, enfim, para a vida!

Então, por exemplo, quando alguém falar de aquecimento global vamos ter uma base sólida pra REALMENTE compreender o que significa, suas causas e consequências. Esse assunto é tão central para todos que, mesmo antes de iniciarmos nosso estudo é importante conhecer a principal fonte SEGURA de informações sobre o assunto (além das Universidades!): o IPCC - Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima é uma entidade ligada à ONU em 1988. Sua função é fornecer avaliações científicas regulares sobre as mudanças climáticas.

Uma ótima descrição do papel e o relatório do ano de 2019 do IPCC, em português, podem ser acessados, com segurança nos sites do IPEA e do próprio IPCC indicados abaixo 🗑️

Descrição Geral do IPCC:

[https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2134:catid=28&Itemid=23#:~:text=Essas%20quatro%20letras%20IPCC%20correspondem,o%20Meio%20Ambiente%20\(Pnuma\).](https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2134:catid=28&Itemid=23#:~:text=Essas%20quatro%20letras%20IPCC%20correspondem,o%20Meio%20Ambiente%20(Pnuma).)

Relatório de 2019 do IPCC:

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>.

Muitos outros aspectos dos fenômenos térmicos também são importantes: nos transportes, na nossa saúde, na nossa alimentação e na(s) tecnologia(s) implementadas por equipamentos que utilizamos.



Procure pensar e identificar os fenômenos térmicos envolvidos nas aplicações citadas acima.

Em relação a este último tópico está um dos aspectos mais interessantes da vida moderna que auxilia muito no estudo dos fenômenos térmicos: como todo assunto em Física é importante buscarmos formas de experimentar ou, pelo menos, visualizar (no sentido de verificar a ocorrência)

e, se possível, controlar o fenômeno físico que se deseja estudar. E, realmente, hoje em dia, temos uma facilidade muito grande de acesso à um local da nossa vida cotidiana onde é possível tudo isso.



Já descobriu do que (ou de que local) estamos falando?

Aula 1 - Quente ou frio? Mas quanto?

O corpo humano “vem de fábrica” com a capacidade de perceber a sensação de quente ou frio, principalmente como mecanismo eficiente de se proteger contra situações que podem representar ameaça: o nosso medo inato do fogo ou as nossas reações involuntárias quando somos expostos a um ambiente mais frio (quais são elas?) daquele que somos acostumados.

Mas, já há algum tempo, sabe-se que se um corpo humano (ou de qualquer outro mamífero) tem sua temperatura alterada, pode ser indicativo de algum “mau funcionamento” daquele mamífero. Isso é genericamente chamado de *febre*. E ainda: que esse “grau” de variação (ou “intensidade da febre”) é muito importante no diagnóstico do que está ocorrendo com a saúde daquele indivíduo. Há muito já se sabe que a variação dessa “sensação” de quente ou frio pode ser indicativo da gravidade desse “mau funcionamento” (que chamamos de doença!)

Vemos então que, mesmo sem citar as inúmeras situações na área de saúde, na ciência ou na indústria, essa “simples” variação na sensação de quente ou frio já é suficiente para se colocar a pergunta:

Como quantificar, ou seja, *transformar em um número ou grau* essa sensação de quente ou frio? Se estivermos “ligados na vibe” de como a Física trata as indagações que fazemos a resposta pra essa pergunta é bem conhecida: fazendo medidas! Lembre-se que medir é sempre comparar com algum padrão definido e que isso pode ser feito de forma “manual” (como quando usamos uma régua) ou com a ajuda de algum equipamento (como quando usamos um relógio ou balança).

Para a nossa felicidade, o instrumento que quantifica a sensação de quente ou frio é bem conhecido nosso e chama-se: **termômetro**. E o nome “oficial” da grandeza que ele mede é mais conhecida ainda: **temperatura!**

Respondendo, então, à última pergunta da Introdução: o local onde podemos observar e até experimentar (com cuidado!) é a **cozinha da nossa casa!**



Mesmo equipada somente com os equipamentos mais básicos, a cozinha moderna está repleta de equipamentos que seriam o “sonho de consumo” de qualquer um dos muitos físicos que buscavam desvendar as misteriosas leis que regem os fenômenos térmicos nos séculos XVIII e XIX!

Uma simples cozinha do século XXI é um **primoroso laboratório para o Físico que investigava os **fenômenos térmicos** no século XIX**



Pensando apenas na grandeza temperatura, procure listar em seu caderno objetos e equipamentos ou utensílios que, em relação à temperatura ambiente:

podem umentar a temperatura de corpos

podem diminuir a temperatura de corpos

podem manter a temperatura de corpos por um longo tempo

Aula 2 - Temperatura: uma grandeza essencial para a vida e para a ciência

Você se lembra do Sistema Internacional de Unidades (S.I.)? Você teve “notícias” dele nos seus estudos de Mecânica, no 1º ano do Ensino Médio e, provavelmente, no Ensino Fundamental. As três unidades mais simples do S.I: **comprimento** (ou distância), **massa** e **tempo**. Lembra também que elas são UNIDADES DE BASE e o motivo dessa denominação?

 Recordando as unidades das grandezas de base do S.I.:


- Qual a unidade da grandeza de base **COMPRIMENTO** no S.I. ? Qual equipamento utilizamos para medi-la?
- Qual a unidade da grandeza de base **MASSA** no S.I. ? Qual equipamento utilizamos para medi-la?
- Qual a unidade da grandeza de base **TEMPO** no S.I. ? Qual equipamento utilizamos para medi-la?

Dica: você pode acessar um breve resumo do S.I. em português no endereço:
http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pdf/resumo_si.pdf

Pois bem, essa breve “volta ao passado” vai nos facilitar na definição da TEMPERATURA: além de adicionar mais uma grandeza à lista acima de GRANDEZAS DE BASE, de forma similar podemos dizer:

TEMPERATURA é uma **GRANDEZA DE BASE DO S.I.** e, como tal, pode ser medida diretamente por um. **TERMÔMETRO**, objetivando **quantificar a sensação** de quente ou frio.

As primeiras iniciativas de se medir a temperatura datam do final do século XVI e um dos primeiros a fazê-lo foi Galileo – “aquele mesmo” da Mecânica lá do 1º ano! ([2] pg 103). Existem vários tipos de termômetros descritos no Texto Complementar I [3] . É curioso notar que ambos os textos descrevem um mesmo tipo de termômetro que ainda pode ser encontrado mas que, até pouco tempo atrás, era o mais comum: os que utilizam o volume de um líquido como propriedade termométrica!

 É comum ouvirmos no noticiário da previsão do tempo que a temperatura na nossa cidade será, por exemplo, de 32 °C.

- Sobre o que o locutor está falando, fisicamente?
- Pode-se associar algum corpo à esta temperatura que está sendo informada? (procure justificar sua resposta com um exemplo)
- Você já viu, em algum local um termômetro que conseguisse medir essa temperatura?
- O termômetro da figura abaixo é denominado Termômetro Clínico e é diferente do termômetro mencionado acima. Por que?



Nós vamos nos concentrar em termômetros similares aos termômetros: como vários outros, eles precisam ficar EM CONTATO com o corpo que desejamos medir a temperatura (e isso também vai nos ajudar na próxima aula).



Você, com certeza, já viu e talvez já tenha até usado o termômetro acima para medir a sua temperatura ou de outra pessoa

- O termômetro tem que ficar em contato com o corpo da pessoa. Qual a parte do termômetro deve ser colocada em contato com o corpo para permitir uma leitura correta?
- Outros tipos de termômetros utilizam líquidos termométricos. Um deles foi proibido no Brasil. Procure descobrir qual o tipo desse termômetro e o motivo dessa proibição.
- Identifique em um dos textos complementares mencionados anteriormente quais os tipos mais comuns de termômetros e procure descrever o princípio físico de funcionamento de cada um.



O ano de 2020 fez com que um outro tipo de termômetro (também descrito nos 2 textos) ficasse mais ainda em “evidência na mídia”

- Identifique em um desses textos qual a denominação destes termômetros
- Qual a principal diferença operacional (ou seja, o modo como o „operador“ realiza a medição) entre esse tipo de termômetro e os termômetros clínicos?
- Finalmente procure identificar, nesses textos, qual seria a diferença nos princípios de funcionamento (*)

(*) não se preocupe em detalhar muito os princípios físicos acima: vamos estudar bem eles posteriormente – a ideia é só adiantar um pouco o assunto e estimular um pouquinho de espírito de pesquisa.

Já que a TEMPERATURA É UMA GRANDEZA (DE BASE) e temos vários tipos de TERMÔMETROS para medi-la, está faltando uma “coisa” que toda a grandeza necessita para “sobreviver”: suas unidades! Agora, muita calma nessa hora, quando estamos falando das UNIDADES da grandeza TEMPERATURA!

Vamos ver agora que as unidades de temperatura com as quais precisamos nos familiarizar “funcionam” de uma forma um pouco diferente que as as unidades de *comprimento* e *massa*. As relações entre essas unidades não são apenas múltiplos de 10. Por exemplo, sabemos que: 1m = 100 cm, 1 kg = 1000g e assim por diante (das grandezas citada acima temos uma exceção, que não “funciona” dessa forma. Você se lembra qual é essa grandeza?). Cada uma delas está relacionada a

uma determinada característica, explicada por razões científicas, operacionais e históricas ([2], pg 106). Elas são chamadas de *escalas termométricas*, das quais usaremos três principais (não são as únicas!):

- I) **Escala Celsius** ou centígrada, definida, como a centésima parte da distância entre o ponto de fusão do gelo ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e o de ebulição da água fervente ($0\text{ }^{\circ}\text{100}$).
- II) **Escala Fahrenheit**, onde os pontos fixos eram: a temperatura de uma mistura de água, gelo e cloreto de amônio ($0\text{ }^{\circ}\text{F}$) e a temperatura de corpo humano ($100\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- III) **Escala Kelvin** ou absoluta, que apresenta a mesma variação diferencial que a escala Celsius (a cada *variação* de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ corresponde exatamente uma de *variação* 1 K)

Na espécie humana sabemos que a temperatura média de qualquer pessoa saudável está sempre próxima de $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ sendo mais um fato que nos caracteriza como uma única espécie!

Cada escala tem sua particularidade em termos de qual referência física utilizar e quais fatores práticos atender (como viabilidade de construção e precisão). No início da termometria isso gerava uma multiplicidade de escalas (há referência a quase 30 tipos de escalas diferentes no final do século XVIII). Em 1794, entretanto, ficou definido o grau termométrico através da inserção de 100 divisões entre os pontos de fusão e ebulição da água, gerando a escala centígrada ou Celsius. Permaneceu ainda (até hoje) usada a escala criada pelo físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit em 1714 ([2], pg 104).

Do ponto de vista da CONVERSÃO DAS ESCALAS termométricas as equivalências abaixo são essenciais:



Veja que, na escala Kelvin, existe uma temperatura correspondente a $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ (hoje sabemos que um valor mais preciso para esta temperatura é de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$) denominada de **ZERO ABSOLUTO**.

Essa escala foi estabelecida pelo físico escocês William Thomson (mais tarde Lord Kelvin) em 1848, que estava estudando o comportamento dos gases em relação à sua temperatura. Kelvin verificou que a pressão de um gás diminuía de $1/273$ do valor inicial quando resfriado a volume constante. Pensou então que a pressão seria nula quando o gás estivesse a -273 °C , concluindo que essa deveria ser a menor temperatura possível (pelo menos para os gases)! (*)

Veja que, em momento algum falamos de átomos ou moléculas, por uma razão muito simples: nesta época, a termometria e as técnicas de construção de máquinas térmicas já estavam bem desenvolvidas mas

a HIPÓTESE ATÔMICA (ou seja, a ideia de que tudo era composto de átomos) ainda não tinha comprovações confiáveis e, por isso, AINDA NÃO ERA ACEITA COMO UM FATO CIENTÍFICO (TAL COMO É HOJE)!

Naturalmente nós vamos chegar lá - nos átomos (**) mas vamos nos deter, por hora, na ESPETACULAR CONSEQUÊNCIA DO TRABALHO DE KELVIN, que usando apenas a tecnologia de 1848 serviu de base para se estabelecer que:


**ABSOLUTAMENTE
NENHUMA TEMPERATURA ENCONTRADA NA NATUREZA
PODE SER MENORQUE O
ZERO ABSOLUTO!**

Veja que esta previsão tem sido confirmada, desde o século XX, tanto com medidas em laboratórios com escalas muito pequenas (a „famosa“ tecnologia miliKelvin) quanto por medições em escalas astronômicas, no espaço sideral !!!

Claro que, no nosso curso, **vamos voltar à questão da constituição atômica dos corpos, relacionando-a com os fenômenos térmicos!** Não vamos fazê-lo, por enquanto, apenas para seguir uma conveniência didática e histórica (outro ponto interessante dessa abordagem).

(*) Um aspecto interessante da “ideia do zero absoluto” é que essa hipótese foi apresentada pelo físico francês Guillaume Amontons em 1702 em um trabalho onde também publicava os seus estudos sobre o ponto de ebulição da água!

(**) Se estiver muito ansioso(a) para saber como esse assunto é melhor “encaminhado aqui, no 2º ano (antes do 3º ano)” você pode ler a parte sobre “A Estrutura da Matéria e a Hipótese Atômica” nas CONSIDERAÇÕES FINAIS (Texto complementar I I: Modelos da Matéria) ou:

 Se você digitar a palavra **ZERO ABSOLUTO** em qualquer buscador da Internet é certo que **surgirão rapidamente referências mencionando essa relação com a constituição atômica (e, provavelmente, bem corretas)**

E se precisarmos converter uma temperatura expressa em uma unidade (escala) em outra unidade?

Como lembramos lá no início da aula: a relação entre as unidades de temperatura não é tão direta quanto as unidades (que até chamamos de múltiplos) do S.I. – pelo menos do comprimento e da massa (lembra do „caso“ do tempo?). Com as unidades de temperatura precisamos de relações particulares para fazer essa conversão. São elas:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

 Para compreender “de onde vem” essa relação, procure seguir a sequência proposta na seção **EXERCÍCIOS E ATIVIDADES NO FINAL DESTA Orientação de Estudos**.

Aula 3 - Que Calor! De “onde vem”?

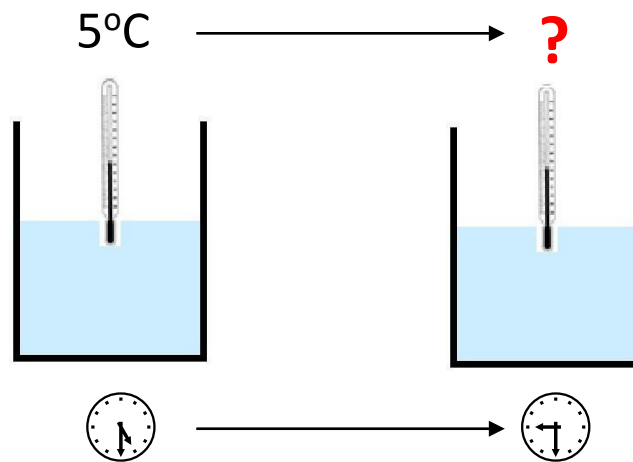
Finalmente: vamos então “definir a misteriosa” grandeza calor! Um pouco de calma nessa hora: justamente porque as “coisas” não são tão simples”!

Em primeiro lugar (sem correr o risco de “dar spoiler”) mas apenas pra nos acostumarmos com essa distinção entre temperatura e calor: **CLARO NÃO É UMA GRANDEZA DE BASE**, como a temperatura.

E a parte mais importante: o conceito de calor foi se modificando ao longo do tempo pois está relacionada à busca da compreensão de vários fenômenos (o que chamamos, em Física de Teorias). Vamos então nos concentrar em um deles que, em certos aspectos, pode ser considerado um “representante” de vários destes fenômenos: o equilíbrio térmico.

Então vamos recorrer ao nosso “**laboratório particular de física térmica**” (você se lembra do que estamos falando?) Sim, estamos falando da nossa **cozinha** (aula 1) e da lista de equipamentos da página 7 (você fez?). Nessa lista, a segunda categoria era de equipamentos e utensílios que podem baixar a temperatura de corpos colocados em seu interior o mais comum é: **AGELADEIRA!**

Considere que você está num daqueles dias bem quentes, no qual o noticiário informou que “está fazendo” 40 °C (lembre-se da pergunta na pg 9 acima) e que você acabou de tirar um copo d’água bem geladinho (5 °C) da geladeira. Mas, depois de ficar um bom tempo (1 hora, por exemplo) focado nos seus estudos (nada de vídeo game!) lembrou que tinha esquecido o copo d’água em algum local, fora da geladeira. Essa situação é ilustrada abaixo:



 Qual deverá ser a temperatura final da água? Você precisaria usar um termômetro?

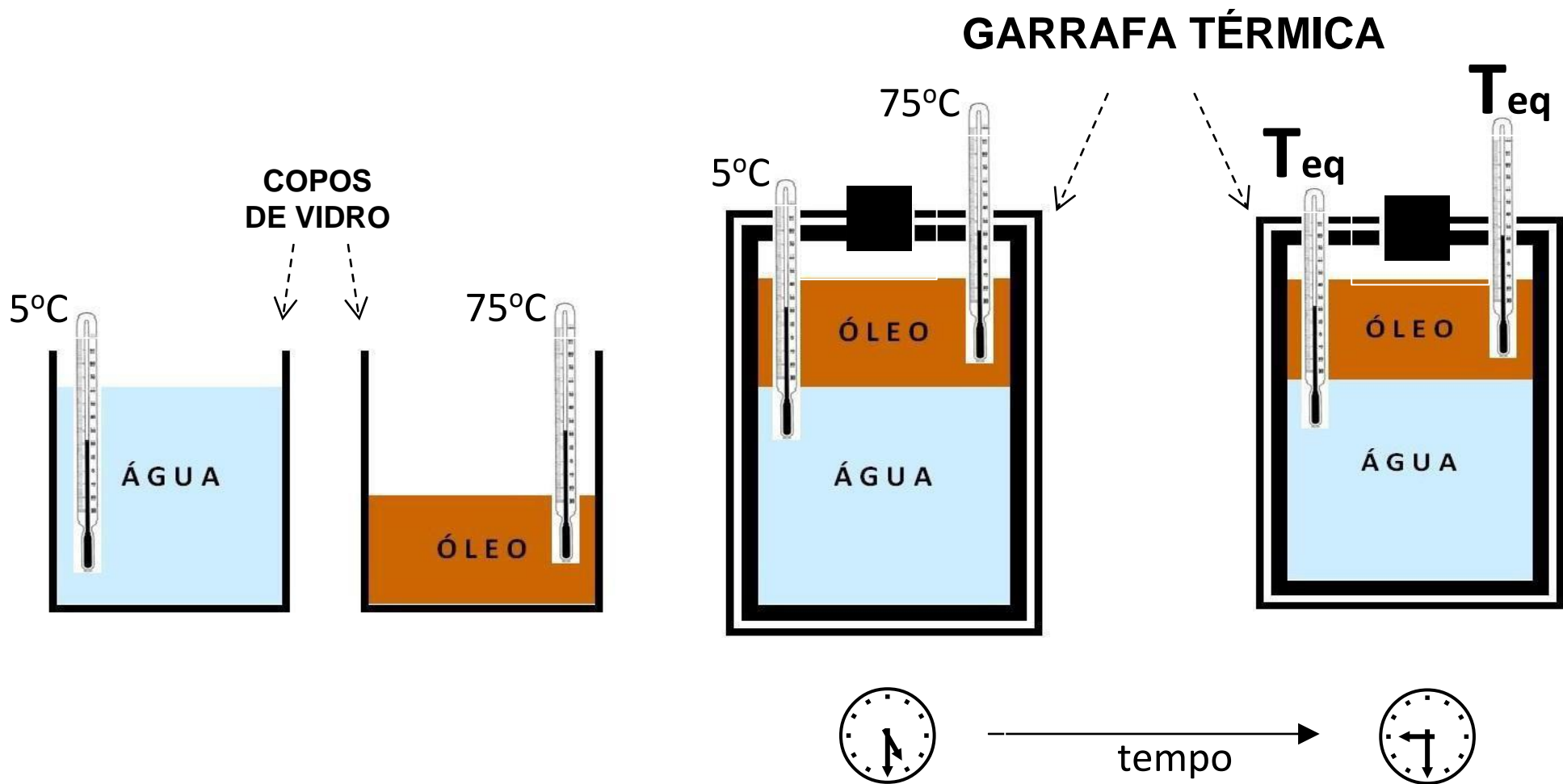
O fato de um corpo **A e um corpo **B**, inicialmente com temperaturas diferentes, AO SEREM COLOCADOS EM CONTATO, atingirem **AMBOS A MESMA TEMPERATURA APÓS** um determinado período de tempo é denominado de**
LEI DO EQUILÍBRIO TÉRMICO
entre o corpo A e o corpo B

No exemplo acima:

- Inicialmente a água (corpo A) estava a 5°C e o ar (corpo B) estava a 40 °C
- Após uma hora a água (corpo A) **aumentou** a 40°C e o ar (corpo B) **permaneceu** a 40 °C

 Por que as temperaturas iniciais e finais do ar foram as mesmas?

Voltando ao nosso “laboratório” e na lista da última categoria era de equipamentos e utensílios: sabemos que existem utensílios (sem consumo de energia) que podem manter a temperatura de corpos colocados em seu interior, durante muito tempo. O mais comum e eficiente é a:




Na situação acima, a massa de água m_A do exemplo anterior a $5\text{ }^\circ\text{C}$ é misturada com uma massa de óleo m_o a $75\text{ }^\circ\text{C}$ no interior de uma GARRAFA TÉRMICA. Após um certo intervalo de tempo, com os dois fluidos em contato (como não se misturam é possível medir a temperatura de cada um), as temperaturas da água (aumentado) quanto o óleo (diminuindo) até AMBOS atingirem a mesma temperatura que denominaremos:

TEMPERATURA DE EQUILÍBRIO (T_{eq})


(uma consequência direta da **LEI DO EQUILÍBRIO TÉRMICO**)

Vamos também voltar a atenção para outro “elemento” importante do experimento: a **GARRAFA TÉRMICA**. Todos sabemos que é um utensílio especialmente construído para manter a temperatura do seu conteúdo constante durante um “bom tempo”. Na verdade a garrafa térmica é um excepcional exemplo de um recipiente que foi absolutamente central numa verdadeira “odisseia” de experimentos similares. Vamos considerar o experimento simples (nos dias de hoje!) descrito acima como um “experimento-exemplo” que representa uma série de muitos experimentos similares, realizados por diferentes pesquisadores/grupos ao longo da história. Esses experimentos tiveram um papel histórico importantíssimo na pesquisa do comportamento das temperaturas de diferentes corpos quando colocados em contato uns com os outros, no século XVIII e, principalmente, no século XIX:

 **Procure pensar/lembrar: qual deve ser o acontecimento histórico (importantíssimo!) do século XVIII e XIX que está relacionado com as pesquisas acima?**

Outro ponto importante: lembre-se que, no “processo” de desenvolvimento da ciência, experimentos nunca são realizados apenas algumas vezes, mas centenas, milhares de vezes! E, em seguida, divulgados e publicados (a não ser nos casos que estão relacionados diretamente à alguma aplicação prática – aí o segredo é total!). No caso da Física, então, essa “mania” parece ser até mais intensa (você poderia pensar por que os cientistas parecem até mesmo um pouco “obcecados” com essa verdadeira “febre da repetição”? E o caso da Física?)

Então, voltando ao nosso “experimento-exemplo” acima e sua importância histórica no desenvolvimento da Física térmica, é importante introduzirmos o nome dessa área: a **CALORIMETRIA**! E a garrafa térmica também é um “super-representante” de um recipiente essencial nessa área de estudos e, por isso, leva o nome de **CALORÍMETRO**!

 **Um nome central na calorimetria e em outras áreas da Física foi James Prescott Joule (o texto em português da Wikipedia, nesse caso, é um ótimo resumo para os nossos objetivos aqui)**

Aula 4 - Calor: O “centro da Revolução

Agora, podemos avaliar melhor as ideias para explicar o que estava acontecendo “por detrás” da Lei do Equilíbrio Térmico. E o primeiro passo é constatar como isso é marcante na história do desenvolvimento da Física e, na verdade, no desenvolvimento científico, em geral! Veja que o que a Lei do Equilíbrio Térmico surgiu da tradição (iniciada nos tempos de Galileu e Newton) de observar diretamente as grandezas e analisar as regularidades.

Agora, “fazendo uso” de uma lei empírica, os “termologistas” buscavam responder à esta questão:

Haveria algo “por detrás” da LEI DO EQUILÍBRIO TÉRMICO ou seja, haveria uma causa mais fundamental (ou mesmo uma LEI FÍSICA) “escondida”, que explicasse por que dois corpos quaisquer atingiam sempre a mesma temperatura, não importando a suas massas, a diferença das temperaturas ou mesmo a natureza da sua composição?

E a resposta dos cientistas foi um “sonoro” SIM!!! Mas veja que interessante: essa é uma das raras oportunidades que podemos, no ensino médio, tomar contato com uma situação já bem similar àquelas que encontramos no nosso mundo atual, por duas razões:


1 – As ideias e hipóteses levantadas na pesquisa (quando ainda não temos certeza do que está ocorrendo) sobre a situação acima DEPENDIAM 100% DA “TECNOLOGIA” USADA e só estavam disponíveis para aqueles “pensadores” que podiam ter acesso àqueles equipamentos e “montagens”, além de terem tempo e condições mínimas para a realização dos experimentos!

2 – É muito natural que surjam mais de uma explicação (de boa qualidade) para um determinado fenômeno ou situação como a descrita acima. Principalmente quando as situações vão ficando mais complicadas (ou dependentes de equipamentos/tecnologias como começava a ficar mais comum). O que ocorre é que, em geral (como vai ser o caso aqui) não temos muita disponibilidade de nos aprofundarmos nas teorias “derrotadas”. Mas a situação acima é uma ótima oportunidade de exaltarmos essa importante característica do desenvolvimento da Ciência (um bom passo nessa direção está nas referências [5] e [6])

A ideia básica que muitos pesquisadores levantaram para explicar a “universalidade” da Lei do Equilíbrio Térmico para todas as situações era a seguinte:

Para que a temperatura do corpo mais quente diminuísse e a do corpo mais frio aumentasse, um FLUÍDO (extraordinário) deveria ser capaz de penetrar em todos os corpos e abandoná-los facilmente [6]. A esse FLUÍDO denominou-se CALÓRICO

A Teoria do Calórico "funcionou" em uma série de desenvolvimentos mas não conseguiu "dar conta" de várias outras situações. Essa jornada não é totalmente inacessível ao Ensino Médio, mas muitas de suas etapas envolvem uma boa dose de paciência, eventos intrincados e bastante "gente trabalhando" ([5],[6]).

 Mas uma das DIFICULDADES com a TEORIA do CALÓRICO é bem "concreta" e envolve uma grandeza que você conhece bem (mencionamos no início desta OE). Consegue identificar qual é essa grandeza e como ela é uma "causa de problemas" para a teoria?

OBS.1: A resposta à pergunta investigativa acima está presente nas referências dadas acima mas recomendamos enfaticamente assistir (pelo menos o início) o vídeo "DEMONSTRAÇÕES DE FÍSICA TÉRMICA" acessível em <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/10569> (para a presente discussão, basta assistir o primeiro trecho: A NATUREZA DO CALOR – Calor como matéria – 1:33 minutos (embora as outras partes também sejam relevantes e aderentes ao nosso assunto!))

OBS.2: Mais um elemento dessa "jornada" que é mencionado em ambas as referências e é uma ideia anterior ao calórico, chamada flogístico, proposto no início do século XVIII e que ainda era relacionado ao fenômeno da combustão!

Então, vamos agora nos concentrar na "TEORIA VENCEDORA" a já famosa **TEORIA DO CALOR**:

**CALOR (ou QUANTIDADE DE CALOR) é uma
FORMA DE ENERGIA FLUINDO
do CORPO que está à temperatura MAIS ALTA para o
CORPO que está a temperatura MAIS BAIXA.**

OBS.3: Veja que essa definição, já com uma formulação bem moderna, envolve um conceito que, sozinho, corresponde à uma outra excepcional e extensa jornada de desenvolvimentos: O **CONCEITO DE ENERGIA**. O conceito geral de energia, da equivalência de suas diversas formas e sua conservação também envolveram esse “binômio”: montagens experimentais, elaboração de hipóteses envolvendo medições e precisões quantitativas! E isso em diversas áreas da Física!!!

Vamos, por hora, nos concentrar no **conceito de calor** e, agora, na **expressão que busca QUANTIFICAR** essa “misteriosa” quantidade, em função de duas outras grandezas bem conhecidas: **MASSA (m)** e a **DIFERENÇA ou VARIAÇÃO** (pensando no equilíbrio térmico) **das TEMPERATURAS INICIAIS ($\Delta T = T_f - T_i$)**

T_i = temperatura **inicial** de UM determinado corpo

T_f = temperatura **final** de UM determinado corpo

}

Lembrando que:

$$T_f = T_{eq}$$

Voltando ao experimento voltando ao nosso “experimento-exemplo” de uma categoria que “fundou a calorimetria: vamos agora, então, atribuir uma letra à quantidade que estamos estudando:

Como na maioria dos textos e livros usaremos a letra Q para a QUANTIDADE DE CALOR, assumindo que a teoria poderá fornecer uma forma de medirmos essa QUANTIDADE DE CALOR que flui do CORPO que está à temperatura mais alta para outro CORPO que está a temperatura mais baixa.

As unidades que utilizaremos Q para serão:

JOULES ou CALORIAS

Em relação à estas grandezas, é possível fazermos uma breve “reflexão intuitiva”, ou seja: parar e pensar em como a **QUANTIDADE DE CALOR Q** se comporta em relação à massa **MASSA (m)** não é difícil chegar à conclusão de que: **quanto maior a MASSA (m)** de uma determinada substância ou corpo (na verdade de *qualquer uma* das substâncias ou corpos envolvidos) **maior**

será a **QUANTIDADE DE CALOR Q** transferida de um corpo ao outro! Numa linguagem matemática escrevemos que:

$$Q \sim m \text{ medida em gramas (g) ou quilograma (kg)}$$

Através de um raciocínio parecido não é difícil compreender que: **quanto maior a VARIACÃO DA TEMPERATURA (ΔT)** de **maior será a QUANTIDADE DE CALOR Q** transferida de um corpo ao outro! Numa linguagem matemática escrevemos que:

$$Q \sim \Delta T \text{ medida em graus Celsius (}^{\circ}\text{C)}$$

A última “questão” que resta, para a proposição de uma expressão para a **QUANTIDADE DE CALOR Q** diz respeito sobre a “**natureza da composição**” de cada corpo – justamente como representado no “**experimento-exemplo**” onde temos **ÁGUA** e **ÓLEO**. Neste caso a situação não é tão simples e direta quanto a massa e a variação de temperatura, pois é necessário responder à questão:


Que tipo de material/substância “favorece” ou dificulta essa transferência de calor?

A resposta à esta pergunta foi outra “engenhosidade” dos cientistas da época: a PROPOSIÇÃO DE UM **PARÂMETRO ASSOCIADO À UMA SUBSTÂNCIA/MATERIAL**. Como “funciona” isso? Muito simples: É atribuído um valor de referência à alguma substância de referência e os PARÂMETROS outros materiais e substâncias. O nome escolhido para este parâmetro foi:

CALOR ESPECÍFICO DO MATERIAL / SUBSTÂNCIA $\Rightarrow c$

Para nossa sorte a substância escolhida foi a **ÁGUA** e o valor 1,0.

CALOR ESPECÍFICO DA ÁGUA = $c_{\text{ÁGUA}} = 1,0 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$

 Olhando para as outras grandezas (Q , m e ΔT) consegue ver “de onde vem” a unidade de calor específico de uma material?

Finalmente (ufa!) foi possível escrever a “FÓRMULA” para o calor:

O **CALOR Q** QUE FLUI DE/PARA UM CORPO DE **MASSA m** , DE **CALOR ESPECÍFICO C** SUBMETIDO À UMA **VARIAÇÃO DE TEMPERATURA ΔT** é dado por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

OBS.: Esse caminho pode parecer trabalhoso ou intrincado (não é exatamente complicado, né?). Mas é importante saber que a obtenção (e aceitação) dessa expressão foi muuuuuito mais, “trabalhosa e intrincada” do que o descrito aqui! Esse processo está bem melhor descrito nas referências [5] e [6] pois, como mencionado: estava relacionado também com os diversos aspectos e desenvolvimentos das grandezas que hoje chamamos de “formas de energia”.

Agora já podemos compreender melhor a razão de termos apresentado essa “jornada” que nos levou desde o conceito de uma grandeza de base, que definimos operacionalmente – A **TEMPERATURA** - até um grandeza derivada (lembra do que significa?): O **CALOR**, que foi obtida para explicar a Lei experimental do equilíbrio térmico e, principalmente, identificada com uma **FORMA DE ENERGIA**.

Nosso objetivo aqui não será (ainda) entrar em detalhes sobre o funcionamento das máquinas mas fornecer alguns tópicos para refletirmos, fazermos uma “ponte” entre esses conceitos e “coisas” do nosso dia a dia. Nesse caso, obviamente, o ponto de partida será o **CALOR**, o que nos remete imediatamente a um termo: MÁQUINAS TÉRMICAS (*).

Máquina térmica é um dispositivo capaz de realizar trabalho convertendo energia térmica (calor) em energia mecânica (movimento)

MÁQUINA TÉRMICA (*)
é um dispositivo capaz de realizar trabalho convertendo
ENERGIA TÉRMICA (CALOR) em
ENERGIA MECÂNICA (MOVIMENTO)

(*) Aqui vamos fazer uma pequena observação: essa nomenclatura que estamos utilizando aqui pode ser melhor especificada como Máquina Térmica Termodinâmica para deixar claro que se trata de máquinas que utilizam o calor como **fonte** de energia (em oposição a uma “simples” máquina térmica


– como uma cafeteira ou aquecedor de ambientes – que envolve a **produção** de energia térmica).

Lembrando, agora, da pergunta da página 15, vamos partir também do importantíssimo acontecimento histórico que mudou definitivamente a nossa sociedade: REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

foi muito mais do que a passagem do mercantilismo para o capitalismo moderno, dos séculos XVIII para XIX, mas um evento que MODIFICOU AS ESTRUTURAS DE VALOR, primeiro na Europa ocidental e posteriormente no mundo todo. [7]

A relação entre a energia térmica (pensando na definição acima de Máquina Térmica) e a Revolução Industrial, na verdade, fica bem simples (de forma geral, sem pensarmos nos detalhes dessas máquinas) se considerarmos, por exemplo:

 Para relacionar Máquinas Térmicas e Revolução Industrial o caminho mais fácil é lembrar-se de dois meios de transporte (da época em questão) nos quais a aplicação dessas máquinas eram determinantes:

- Qual é um desses meios de transporte terrestre? Para que era utilizado?
- Qual é um desses meios de transporte marítimo? Para que era utilizado?

E, finalmente, também baseando-se nas características acima de Máquinas Térmicas Termodinâmicas, procure pensar e escrever em seu caderno, quais tipos de vantagens físicas cada um dos meios acima trouxe em relação às respectivas situações anteriores..

Um dos pontos mais importantes e interessantes desse processo é que essas transformações **não** foram frutos “simplesmente” de **UMA teoria científica**. Mas, por outro lado, revela algo essencial dessa “nova ordem” de se lidar com a natureza : a **relação entre a técnica, a ciência, os meios de produção e, finalmente, nosso próprio modo de vida**.

A técnica desenvolveu-se, primeiramente, devido às condições econômicas e sociais favoráveis para tal desenvolvimento na Grã-Bretanha do século XIX. [7] Na próxima Orientação de Estudos, veremos (com mais detalhes) como se deu essa interessante relação entre técnica e ciência: uma alimentando a outra num processo “eterno”, que permaneceu e se intensificou cada vez mais, até os nossos dias (e assim permanece).

Aula 5 - Exercícios

TERMOMETRIA

- 1) Use as relações da pg 12 para resolver as 5 questões em <http://www.if.ufrgs.br/exercisca.htm>
- 2) Suponha que um médico nos Estados Unidos (onde se usa a escala °F) queira saber se um paciente está ou não com febre. Qual o valor de referência que ele deve usar?
- 3) Considere, agora, que o médico acima estivesse de posse de um termômetro cuja escala (vamos chama-la de escala °X) não é nenhuma das três acima? Uma escala, por exemplo, na qual o ponto de congelamento da água corresponde a 0 °X e o seu ponto de ebulição a 80 °X (na verdade essa escala já existiu!) qual seria o valor de referência que ele utilizaria? Veja que não será possível usar as relações da pg 12. Como poderíamos, então resolver essa “questão”? (Dica: muitas vezes a forma para resolver essa questão é conhecida como “método dos termômetros”)

CALORIMETRIA

- 1) O calor específico dos materiais é uma grandeza que pode ser medida em uma experiência simples e com material caseiro laboratório (ver atividade complementar abaixo). Mas, para termos uma ideia de forma mais rápida dos valores dos calores específicos dos materiais, podemos usar a internet, digitando em qualquer “buscador”: “**tabela de calores específicos**”
- 2) Usando a expressão da página 20, resolva os exercícios da lista que se encontra em: <https://cascalho1.webnode.com/exerciciostermo/>

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este é um momento marcante no nosso estudo da Física por vários motivos:

- Provavelmente é a primeira vez, nos seus estudos de Física, que você conheceu uma teoria “menos bem sucedida” do que a teoria adotada atualmente (Teoria do Calor) para explicar os mesmos fenômenos: a Teoria do Calórico. Um ponto importante é que isso sempre acontece em Física, até mesmo na Mecânica (área que você estudou no 1º ano). Nem sempre os cursos/livros chamam a atenção para essa importante característica da CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM FÍSICA, mas nessa área que estamos iniciando (a Termologia) isso já fica claro desde o início.

- Outra ponto importante no “processo” acima: foi possível compreender que as chamadas grandezas derivadas podem ser “CONSTRUÍDAS” (CALOR, CALOR ESPECÍFICO) estudando-se o comportamento de um fenômeno e um comportamento de um fenômeno “dentro de um laboratório” (Equilíbrio Térmico) usando equipamentos que demandam uma construção mais elaborada (termômetros e calorímetros).

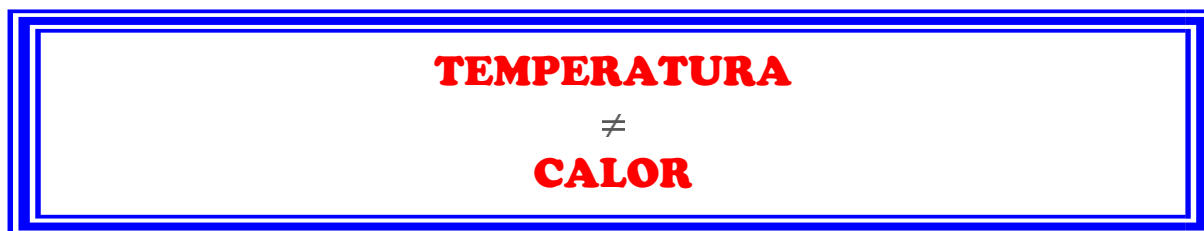
- Esse “processo” já apresenta diferenças daqueles que você estudou no 1º ano, na área de Mecânica.



Procure lembrar e escrever em seu caderno, pelo menos três grandezas derivadas “lá” da Mecânica (1º ano)

7. RESUMO

Bom, espero que agora fique esteja bem mais claro e seja mais fácil pra você (re)afirmar aquele quadro da introdução:



Nesta “distinção” entre temperatura e calor (e as suas relações do calor com as demais variáveis) foi possível perceber com bastante clareza um “método” típico da Física que nascia nos séculos XVIII e XIX: o estudo criterioso e engenhoso de um fenômeno físico pode ser o ponto de partida para a construção de uma teoria que depende cada vez mais de tecnologia.

Vimos que a temperatura é uma grandeza de BASE e que pode ser medida diretamente por um termômetro.

O calor, por sua vez foi uma grandeza que surgiu para explicar o fenômeno do equilíbrio térmico. A sua relação com outras grandezas (massa e variação de temperatura) só foram consolidadas após muitos experimentos. Envolveu, ainda, mais uma nova grandeza, que caracteriza a capacidade de transmitir/receber calor e que muda para cada material: o calor específico do material (depois veremos que vamos chama-lo de calor “sensível” do material).

Ao mesmo tempo essa mesma teoria, quando bem estabelecida por experimentos, pode ser o ponto de partida para inúmeros desenvolvimentos tecnológicos (veja o Texto Complementar III [8]). Esses desenvolvimentos tecnológicos, por sua vez, sendo inovadores podem originar

versões iniciais de “invenções” (protótipos) que, de início sejam pouco eficientes ou até mesmo sem aplicação nenhuma. Mas estes protótipos também podem servir de base para tecnologias que verdadeiramente transformam a nossa vida.

Parece um pouco “enrolado”, não? Mas no nosso próximo “encontro” nós vamos, juntos, passo a passo, conhecer como esse processo ocorreu. E vamos fazer isso, justamente partindo do conceito central, introduzido aqui: O CALOR COMO FORMA DE ENERGIA.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Carvalho, Ana Maria Pessoa (organizadora); “*Calor e Temperatura, um ensino por investigação*”
- [2] Pires, Denise P. L.; Afonso, Júlio Cralos; Chaves, Francisco Artur B.; “A termometria nos séculos XIX e XX” acessado em <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v28n1/a13v28n1.pdf>
- [3] Texto complementar I: Termômetros e substância termométricas (pgs 61 e 62 do Módulo 5 de Introdução às Ciências Físicas I I). Acessível em <https://cascalho1.webnode.com/complementos/>
- [4] Texto complementar I I: Modelos da Matéria (Complemento 1 do Módulo 5 de Introdução às Ciências Físicas I I). Acessível em <https://cascalho1.webnode.com/complementos/>
- [5] Gomes, L. C.: *A Ascensão e Queda Da Teoria Do Calórico*, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 3: p. 1030-1073,
- [6] Pádua, A.B.; Pádua, C.G.; Martins, R.S; *A natureza do calor: passados dois séculos, será que a teoria do calórico ainda é de alguma forma uma ideia atraente ou, até mesmo, útil?*
- [7] Pereira, S.T., Lombach, ; *A revolução industrial e a influência do valor do controle da natureza no desenvolvimento da termodinâmica*
- [8] Texto complementar III: "A(s) História(s) da Ciência e da Tecnologia: É possível seguir diferentes caminhos e atingir o mesmo resultado?" (introdução à questão do “avanço” ilustrada por uma breve descrição da investigação “contrafactual” da ciência – baseada no trabalho do Prof. Osvaldo Pessoa Jr). Acessível em <https://cascalho1.webnode.com/complementos/>