

Instituto de Física  
UFRGS

TERMODINÂMICA NAS ESTRELAS:  
Uma unidade didática sobre Termodinâmica contextualizada na Astronomia

Daniel Pigozzo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Física da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como requisito parcial  
para obtenção do título de Licenciado em  
Física.

Orientador: Prof. Dr. Ives Solano Araujo

Porto Alegre  
2018/2

*“...Transparent void...Eternal...We’re so small...Yet so significant.*

*How can it matter so much?”*

Grant Morrison – *Final Crisis*

## **Agradecimentos**

Inicialmente, eu gostaria de ter elaborado agradecimentos nominais a todos que são e foram importantes não só na minha trajetória no curso, mas na vida como um todo, mas preferi não o fazer.

Aqueles que participaram de modo efetivo da minha existência sabem disso, mesmo com as dificuldades em demonstrar amor e gratidão que eu possuo e, portanto, vou agradecer do modo mais amplo possível e ao meu jeito...

A todas as minhas amigas e amigos que guiam as minhas passagens frequentes pelo vale das trevas.

A toda a minha família que me dá estrutura e um amor incondicional que sinceramente não sei de onde vem, mas sei que chega até mim.

A todos os professores e professoras que passaram pela minha trajetória na graduação e antes dela. Todos foram relevantes a seu modo e me sinto compelido a expressar isso.

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| 1. Introdução.....                               | 8  |
| 2. Fundamentação Teórica.....                    | 9  |
| 2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa .....  | 9  |
| 2.2. O Método <i>Peer Instruction</i> .....      | 11 |
| 2.3. Método POE .....                            | 13 |
| 3. Observação e Monitoria.....                   | 13 |
| 3.1. Caracterização da Escola .....              | 13 |
| 3.2. Caracterização das Turmas .....             | 14 |
| 3.3. Caracterização do Tipo de Ensino .....      | 15 |
| 3.4. Relato das Observações em Sala de Aula..... | 17 |
| 4. Planejamento e Regência.....                  | 46 |
| 4.1. Primeira Aula.....                          | 48 |
| 4.1.1. Plano de Aula .....                       | 48 |
| 4.1.2. Relato de Regência.....                   | 50 |
| 4.2. Segunda Aula.....                           | 56 |
| 4.2.1. Plano de Aula .....                       | 56 |
| 4.2.2. Relato de Regência.....                   | 57 |
| 4.3. Terceira Aula .....                         | 60 |
| 4.3.1. Plano de Aula .....                       | 61 |
| 4.3.2. Relato de Regência.....                   | 62 |
| 4.4. Quarta Aula.....                            | 66 |
| 4.4.1. Plano de Aula .....                       | 66 |
| 4.4.2. Relato de Regência.....                   | 67 |
| 4.5. Quinta Aula.....                            | 70 |
| 4.5.1. Plano de Aula .....                       | 70 |
| 4.5.2. Relato de Regência.....                   | 72 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.6. Sexta Aula.....                                      | 76  |
| 4.6.1. Plano de Aula .....                                | 76  |
| 4.6.2. Relato de Regência.....                            | 78  |
| 4.7. Sétima Aula .....                                    | 82  |
| 4.7.1. Plano de Aula .....                                | 82  |
| 5.7.2. Relato de Regência.....                            | 83  |
| 4.8. Oitava Aula .....                                    | 84  |
| 4.8.1. Plano de Aula .....                                | 84  |
| 4.8.2. Relato de Regência.....                            | 86  |
| 5. Considerações Finais .....                             | 90  |
| Referências .....   | 93  |
| Apêndice 1 – Questionário de concepções sobre Física..... | 97  |
| Apêndice 2 – Materiais de Leitura .....                   | 99  |
| Material de Leitura 1 .....                               | 100 |
| Material de Leitura 2 .....                               | 103 |
| Material de Leitura 3 .....                               | 108 |
| Material de Leitura 4 .....                               | 111 |
| Material de Leitura 5 .....                               | 116 |
| Material de Leitura 6 .....                               | 119 |
| Apêndice 3 – Lista de Exercícios .....                    | 122 |
| Apêndice 4 - Prova .....                                  | 133 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – <i>Plickers</i> .....   | 12 |
| Figura 2 – Porta de entrada do prédio da Escola .....                                    | 14 |
| Figura 3 – Questão sobre transformações de energia I.....                                | 18 |
| Figura 4 – Questão sobre transformações de energia II .....                              | 19 |
| Figura 5 – Questão sobre resistores .....  | 21 |
| Figura 6 – Questão sobre transformações de energia III .....                             | 30 |
| Figura 7 – Questão sobre transformações de energia IV .....                              | 32 |
| Figura 8 – Questão sobre transformações de energia V .....                               | 34 |
| Figura 9 – Questão sobre trabalho e potência.....  | 34 |
| Figura 10 – Questão sobre energia cinética.....  | 35 |
| Figura 11 – Questão sobre corrente elétrica .....  | 37 |
| Figura 12 – O experimento de Joules .....  | 43 |
| Figura 13 – Calor.....   | 44 |
| Figura 14 – “Gostaria mais de física se...” .....  | 51 |
| Figura 15 – Imagem do software <i>Stellarium</i> .....                                   | 52 |
| Figura 16 – “O que são estrelas?” .....  | 53 |
| Figura 17 – Equilíbrio hidrostático.....   | 55 |
| Figura 18 – "As estrelas possuem cores?" .....   | 58 |
| Figura 19 – Exercício sobre escalas termométricas.....                                   | 59 |
| Figura 20 – Questão conceitual I.....  | 63 |
| Figura 21 – Questão conceitual II.....   | 64 |
| Figura 22 – Anatomia estelar .....   | 68 |
| Figura 23 – Termografia.....   | 69 |
| Figura 24 – Exercício sobre dilatação térmica .....                                      | 69 |
| Figura 25 - "As estrelas são fábricas de elementos químicos?" .....                      | 72 |
| Figura 26 – Sistema fechado .....  | 73 |
| Figura 27 – Trabalho realizado por um gás .....  | 74 |
| Figura 28 – Exercício sobre a 1ª Lei da Termodinâmica .....                              | 75 |
| Figura 29 – “O que são estrelas cefeidas?” .....   | 78 |
| Figura 30 – Exercício sobre a Lei Geral dos Gases.....                                   | 80 |
| Figura 31 – Exercício sobre o número de moléculas em uma amostra de ar atmosférico ..... | 80 |
| Figura 32 – Exercício sobre variação de energia interna de um gás .....                  | 81 |
| Figura 33 – 2ª Lei da Termodinâmica .....  | 87 |
| Figura 34 – Entropia.....  | 88 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 35 – Questão conceitual III .....      | 89 |
| Figura 36 – Questão conceitual IV .....       | 89 |
| <br>  |    |
| Tabela 1 – Caracterização do Professor X..... | 16 |
| Tabela 2 – Classificação de plantas .....     | 41 |
| Tabela 3 – Cronograma de regência .....       | 47 |

## 1. Introdução

Mesmo ao implantar práticas inovadoras e interdisciplinares, o Ensino de Física tem passado por diversas dificuldades em engajar seu público alvo (AUGUSTO e CALDEIRA, 2007), sendo algumas delas: a dificuldade dos estudantes na interpretação de textos comuns e científicos (ANDRADE e MARTINS, 2006), a falta de postura e pré-disposição dos estudantes, dificuldade em explicar exercícios apenas oralmente que se converte em uma expressão algébrica, dificuldade em reconhecer os dados de um problema (ANDRADE e MARTINS, 2006), suas informações e respectivas representações (TOMMASIELLO, SANTOS e FRANZOL, 2017), entre outras.

Tais dificuldades ocorrem por inúmeros motivos e os discursos de professores da Educação Básica costumam conectá-las a: falta de conexão entre o conteúdo de Física e fenômenos do cotidiano dos estudantes, não-utilização de recursos tecnológicos e complexidade da transposição de teorias de aprendizagem para a prática em sala de aula (AUGUSTO e CALDEIRA, 2007; REZENDE, LOPES e EGG, 2004).

Durante observações em sala de aula realizadas para a disciplina de Estágio de Docência em Física durante o segundo semestre de 2018 em uma escola da rede pública estadual de ensino, um dos fatores que identifiquei como causa verosímil de algumas dessas dificuldades foi a falta de contextualizações diversificadas e engajadoras.

O presente trabalho apresenta um relato detalhado das minhas experiências de estruturação de conhecimentos teóricos e metodológicos (Seção 2), de observação e monitoria em sala de aula (Seção 3), de construção de uma unidade didática (Seção 4) e de práticas de regência em sala de aula (Seção 4). A unidade didática planejada teve como objetivo entrelaçar Termodinâmica e Astronomia nas aulas regulares de Física, buscando diversificar as contextualizações às quais os estudantes são costumeiramente expostos em sala de aula.

Quanto ao conteúdo de Física das aulas, as práticas de regência focaram em assuntos como energia, temperatura e calor, Termologia, Teoria Cinética dos Gases e Leis da Termodinâmica.

A apresentação dos conteúdos foi baseada primordialmente nos materiais didáticos intitutados “A Contextualização da Astronomia no Ensino da Termodinâmica”<sup>1</sup> produzidos por Jan Torres Lima, descritos como “um produto educacional voltado para professores de física interessados em ensinar astronomia contextualizada na termodinâmica do ensino médio” (LIMA, PAVANI e LANG, 2016). Ademais, foram utilizadas as anotações realizadas durante

---

<sup>1</sup> Fonte: [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/rd/n03\\_Torres/index2.html](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/rd/n03_Torres/index2.html)

as observações em sala de aula e materiais acadêmicos adicionais, como os Textos de Apoio ao Professor de Física<sup>2</sup>.

As aulas, em linhas gerais, foram expositivas e com grande foco no diálogo, fazendo bastante uso da apresentação de *slides*, textos e formulários impressos, mas buscou-se também diversificar as atividades tradicionais através de metodologias ativas de ensino, demonstrações experimentais orientadas e uma valorização da resolução colaborativa de exercícios em sala de aula.

As práticas de regência ocorreram no segundo semestre de 2018 durante 15 horas-aula durante o horário regular da disciplina de Física em uma turma do segundo ano do ensino médio.

## **2. Fundamentação Teórica**

Para desenvolver as práticas de regência, o referencial teórico escolhido foi o trabalho de David Ausubel, pois sua teoria lida com a estrutura cognitiva e seus processos, enfatizando fortemente o reconhecimento dos conhecimentos prévios para um aprendizado pleno, e a análise dos mecanismos internos que ocorrem na mente humana durante a estruturação do conhecimento (PRÄSS, 2012).

Na subseção a seguir, será realizada uma contextualização da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e dos entrelaçamentos com as atividades propostas na unidade didática.

Além da teoria ausubeliana, esse projeto também se baseou na aplicação de duas metodologias específicas: o *Peer Instruction* ou Instrução pelos Colegas e o método POE (predizer, observar e explicar). Esses foram os principais instrumentos pedagógicos da unidade didática e serão apresentados nas subseções posteriores.

### **2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa**

David Ausubel, formado em Psicologia e em Medicina e doutor em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia (onde foi professor no *Teacher's College* por muitos anos), foi um acadêmico que buscou construir uma visão cognitiva à Psicologia Educacional (MOREIRA, 2010).

A estrutura cognitiva para Ausubel possui organização e hierarquia conceitual na qual conhecimentos específicos se entrelaçam a conceitos mais gerais e inclusivos. O principal

---

<sup>2</sup> Fonte: [http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/textos\\_apoio](http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/textos_apoio)

conceito de sua teoria é o de aprendizagem significativa que representa o processo no qual uma nova informação interage com conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de uma pessoa, os subsunçores, que são as “âncoras” às quais se prende essa nova informação.

Durante o planejamento da unidade didática, voltei minha atenção aos conhecimentos prévios dos estudantes através das minhas anotações realizadas nas observações em sala de aula em que tentei transcrever todo tipo relevante de pergunta, comentário ou explicação direcionada aos colegas que foram feitas pelos estudantes durante o período. Já durante a regência, atentei-me às discussões entre os estudantes e seus pares propiciadas pelas atividades de *Peer Instruction* e do método POE. Discussões e momentos de livre expressão dos estudantes são extremamente eficientes em expor parte da linha de raciocínio deles e quais conteúdos eles já apresentam uma boa apropriação.

Ainda segundo Ausubel, existem condições para que haja aprendizagem significativa tais como a capacidade do material de aprendizagem de se relacionar com a estrutura cognitiva do sujeito, sendo assim potencialmente significativo, e a predisposição do indivíduo a aprender de modo pertinente a nova informação através desse material potencialmente significativo.

Para garantir essas condições, a primeira medida tomada foi, baseada nas respostas a um questionário de concepções sobre Física que será melhor descrito posteriormente, identificar qual assunto da Física os estudantes demonstravam maior interesse e pré-disposição. A grande maioria expressou interesse em astronomia ou “em saber mais sobre o espaço”, como eles se expressaram. A partir daí, considerando a importante ligação entre pré-disposição do educando e a oferta de material potencialmente significativo, construí materiais de leitura sobre os entrelaçamentos entre Termodinâmica e Astronomia planejados para a unidade didática, divulguei todos os *links*, notícias e artigos que considerei relevantes para a construção desses materiais e das apresentações de *slides* das aulas (as quais também foram compartilhadas com os estudantes) e, além disso, busquei trabalhar com questões cujas problematizações e contextualizações fossem coerentes com esses materiais.

Voltando ao processo de interação entre uma nova informação e as estruturas cognitivas prévias, existem, na teoria ausubeliana, os organizadores prévios que trabalham na construção de ligações cognitivas entre o que se quer aprender e o que já se sabe (Moreira, 1999). Um exemplo desse recurso didático para construir pontes cognitivas que se tornou recorrente durante o período de regência foi a alusão ao funcionamento de instrumentos de medida de temperatura, principalmente o termômetro, como pode ser notado ao longo da maioria dos Relatos de Regência a partir da Segunda Aula.

Em contraste à aprendizagem significativa, há a aprendizagem mecânica em que novas informações não interagem de modo pertinente ou de modo algum com um aspecto relevante da estrutura do conhecimento do sujeito. O conhecimento adquirido de tal maneira é armazenado sem possuir ligações com subsunçores. Apesar da distinção apresentada, na teoria ausubeliana essas duas aprendizagens existem de modo contínuo e não dicotômico (MOREIRA, 1999).

Na aprendizagem significativa, quando um novo conceito é aprendido através de um processo de interação com um subsunçor, este também se modifica. Com a ocorrência (ou ocorrências múltiplas) desse processo, ocorre a diferenciação progressiva do subsunçor. Já quando novas informações são adquiridas reorganizando conceitos estabelecidos na estrutura cognitiva ampliando seus significados ou dando novos significados, ocorre a reconciliação integradora, uma recombinação de elementos preexistentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999).

Durante a Quinta Aula, foi discutida a relação entre os diferentes brilhos dos astros relacionando-os à diversidade de elementos químicos presentes em uma nebulosa de forma a *progressivamente* aprofundar e retomar as discussões sobre as cores das estrelas que ocorreram na Segunda Aula. Ainda durante a Quinta Aula, foi utilizado um modelo simples para analisar a origem da energia necessária para a fusão de hidrogênio em hélio a partir das contrações e expansões sofridas por uma estrela. Na Sexta Aula, esse assunto foi retomado de forma a *reorganizar* os conceitos relacionados a essas contrações e expansões *integrando-os* a novas informações sobre transformações termodinâmicas.

## **2.2. O Método *Peer Instruction***

Desenvolvido pelo Professor Eric Mazur da Unidade de Harvard, o *Peer Instruction* ou Instrução pelos Colegas (IpC) tem como objetivo o engajamento dos estudantes durante as aulas em atividades nas quais sejam ativamente capazes de aplicar os principais conceitos estudados e interagir com os colegas através de explicações sobre esses conceitos. Em outras palavras, é um método que busca “promover a aprendizagem dos conceitos fundamentais dos conteúdos em estudo, através da interação entre os estudantes” (ARAUJO e MAZUR, 2013).

Duas das principais características do IpC são a disponibilização para estudo prévio de materiais potencialmente significativos sobre o tema da aula e a apresentação de questões conceituais para a discussão entre os estudantes.

No IpC, as aulas são compostas por diferentes etapas que visam alcançar os objetivos supracitados. Começa-se com exposições dialogadas baseadas no material disponibilizado previamente. Segue-se para a apresentação de uma questão conceitual, normalmente de múltipla escolha, a qual deve ser respondida individualmente em um primeiro momento através de um sistema de votação. Para essa primeira votação, é dado aos estudantes um intervalo curto de tempo para que escolham sua resposta e desenvolvam suas justificativas.

A partir da primeira votação e da distribuição de respostas dos estudantes, existem três cenários previstos para a continuidade do IpC: se mais de 70% votarem na resposta correta, passa-se a uma nova apresentação oral e uma nova questão conceitual; se menos de 30% votarem na resposta correta, o conteúdo da exposição inicial deve ser revisitado e uma nova questão conceitual sobre o mesmo tema; se a distribuição das respostas estiver entre 30% e 70% de acertos, os estudantes são motivados a formar grupos e construir discussões para convencer colegas usando as justificativas pensadas para a votação inicial. Nesse último caso, a turma tem um intervalo de tempo considerável para elaborarem seus argumentos frente aos colegas e, ao final, a votação sobre a questão conceitual é refeita (ARAUJO e MAZUR, 2013).

É na interação entre os estudantes, ou seja, no caso de 30% a 70% de acertos em que há uma diversidade nas escolhas de resposta, que o IpC se destaca, favorecendo a comunicação entre os pares e valorizando o poder explicativo dos estudantes sobre os temas abordados.

As votações foram realizadas através de cartões *plickers*<sup>3</sup>, um sistema em que é possível se analisar instantaneamente as respostas dos estudantes através de seu registro via câmera de um aparelho celular (ver Figura 1).



Figura 1 – Plickers

Fonte: <https://medium.com/@jordantheleast/designing-for-learning-v3-plickers-4b586d0fb845>

---

<sup>3</sup> Fonte: <https://www.plickers.com/>

### **2.3. Método POE**

Buscando diferenciar as práticas de experimentação em sala de aula, o método POE é uma estratégia didática que promove um conflito cognitivo para auxiliar na construção do conhecimento de disciplinas como Física e Química através de atividades práticas (SCHWAHN, SILVA e MARTINS, 2007).

Sua aplicação tem três etapas básicas. A primeira, PREDIZER, é aquela em que há a problematização. Os estudantes discutem o problema proposto e desenvolvem previsões sobre o experimento ou questão em foco. A segunda etapa, OBSERVAR, é aquela em que é feita a demonstração do experimento ou a prática experimental proposta. A última etapa, EXPLICAR, é aquela em que há a discussão sobre os resultados obtidos, comparando-os com os resultados preditos e com as previsões teóricas dos modelos utilizados para analisar o fenômeno (SCHWAHN, SILVA e MARTINS, 2007).

Durante o período de regência, o método POE foi utilizado principalmente para orientar discussões relacionadas a demonstrações experimentais e à apresentação de simulações computacionais.

## **3. Observação e Monitoria**

As atividades de observação e monitoria realizadas para familiarizar o licenciando com o cotidiano e contexto escolar ocorreram no período de setembro a outubro de 2018.

Foram realizadas observações em sala de aula de diversas disciplinas (priorizando as aulas de Física), discussões com docentes, estudantes e funcionários, atividades de monitoria (como o auxílio na resolução de listas de exercícios) e exploração dos ambientes escolares.

As atividades foram realizadas em turmas de ensino médio do primeiro, segundo e terceiro ano durante aulas de Física, Química, Biologia, Inglês e em atividades comuns a toda a comunidade escolar.

### **3.1. Caracterização da Escola**

Fundada em 6 de junho de 1946, a atual Escola Técnica Estadual Senador Ernesto Dornelles (ou ETESED) surgiu como uma instituição para meninas do interior do Rio Grande do Sul estudarem na capital, Porto Alegre, e foi uma das primeiras escolas técnicas femininas do Brasil. Seu nome homenageia Ernesto Dornelles que era, à época, Interventor Federal do RS e, no ano de fundação da escola, Senador da República.

O prédio dessa tradicional escola porto-alegrense (ver Figura 2) é um casarão localizado no Centro Histórico da capital gaúcha (Rua Duque de Caxias, nº 385) o qual foi projetado em 1913 por Affonso Hebert e teve sua construção concluída em 1917.

Em 2017, a Escola contava com 534 estudantes matriculados no total, sendo, entre estes, 391 matriculados referentes ao ensino médio<sup>4</sup>.

Atualmente, possui três cursos de Ensino Técnico (Nutrição e Dietética, Prótese Dentária e Design de Interiores) e o curso de ensino médio (regular e EJA).

Quanto à estrutura, a escola conta com salas de aula equipadas, em sua grande maioria, com projetores de *slides*, armários de ferro para guardar livros didáticos, ventiladores de teto e dois quadros, um branco e um preto. Possui laboratório de informática, sala para o Grêmio Estudantil, depósito de livros, biblioteca, auditório, refeitório e salão para aulas de Educação Física (a escola não possui pátio, ginásio ou quadra a céu aberto).



Figura 2 – Porta de entrada do prédio da Escola  
Fonte: Arquivo pessoal

### 3.2. Caracterização das Turmas

O público da ETESED são jovens de classe média e média baixa que vêm principalmente das proximidades do Centro Histórico e também da Zona Sul da cidade. A

---

<sup>4</sup> Fonte: <https://www.qedu.org.br/escola/215587-ete-senador-ernesto-dornelles/sobre>

grande maioria dos estudantes dos segundos e terceiros anos já trabalha formal ou informalmente e, talvez por esse motivo, essa maioria possui problemas em manter uma frequência mínima em sala de aula.

No turno da manhã, que foi com o qual tive contato, haviam duas turmas de primeiro ano, duas de segundo ano e duas de terceiro ano. Eram todas turmas de 30 a 35 estudantes listados na chamada, mas de presença média em sala de aula de 15 a 25 estudantes.

As turmas de primeiro ano que estudavam princípios da Cinemática durante meu período de observações nas aulas de Física eram aquelas com maior presença de estudantes em sala que, apesar de levemente agitados, faziam as atividades em tempo hábil e participavam consideravelmente das aulas.

No segundo ano, as turmas estavam estudavam os conteúdos de trabalho e transformação de energia. Essas turmas eram compostas por estudantes mais calmos e, algumas vezes, mais distraídos ou desmotivados. Apesar de comportadas e de compostas por alguns estudantes realmente interessados, as turmas poucas vezes demonstraram empolgação como grupo e a maioria das participações que presenciei em sala de aula eram esporádicas e sem muito comprometimento.

Já as turmas de terceiro ano (que estudavam as Leis de Ohm durante meu período de observações) eram, de longe, as menos comportadas. Demonstravam sempre muito desinteresse pelas aulas em si, preocupando-se mais com a entrega de trabalhos e avaliações apenas por obrigação, e conversavam desatentamente sem muito pudor e, por causa disso, exigiam que o professores responsável chamasse a atenção várias vezes. Apesar disso, foram também nas turmas de terceiro ano que observei alguns dos estudantes mais aplicados, interessados e participativos das turmas de ensino médio da ETESED, mas, frente aos seus colegas, eles eram minoria.

### **3.3. Caracterização do Tipo de Ensino**

O professor de Física observado em exercício de função na ETESED, que será identificado neste trabalho como Professor X para diferenciá-lo de outros docentes citados, possuía graduação em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (concluída em 2016). O Professor X era o professor responsável pela disciplina de Física em todas as turmas de ensino médio da Escola, inclusive as turmas da tarde as quais não cheguei a conhecer.

Em paralelo ao trabalho de docente na ETESED, o Professor X concluiu seu mestrado-profissionalizante em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande em 2018, poucos dias após o início do meu período de observação e monitoria.

Sobre as características comportamentais e aspectos do trabalho docente, é importante destacar que a postura do Professor X não era a mesma em todas as turmas e aulas. Buscando ilustrar de forma objetiva, a Tabela 1 apresenta minhas impressões baseada nas poucas aulas observadas.

*Tabela 1 – Caracterização do Professor X*

| <b>Comportamentos negativos</b>                                      | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>Comportamentos positivos</b>   |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| Parece ser muito rígido no trato com os alunos                       |          | X        |          |          |          | Dá evidência de flexibilidade   |
| Parecer ser muito condescendente com os alunos                       |          |          |          | X        |          | Parece ser justo em seus critérios  |
| Parece ser frio e reservado  |          |          |          | X        |          | Parece ser caloroso e entusiasmado  |
| Parece irritar-se facilmente   |          |          | X        |          |          | Parece ser calmo e paciente   |
| Expõe sem cessar, sem esperar reação dos alunos                      |          |          |          | X        |          | Provoca reação da classe  |
| Não parece se preocupar se os alunos estão acompanhando a exposição  |          |          |          | X        |          | Busca saber se os alunos estão entendendo o que está sendo exposto                            |
| Explica de uma única maneira   |          |          | X        |          |          | Busca oferecer explicações alternativas   |
| Exige participação dos alunos  |          |          | X        |          |          | Faz com que os alunos participem naturalmente   |
| Apresenta os conteúdos sem relacioná-los entre si                    |          |          | X        |          |          | Apresenta os conteúdos de maneira integrada   |
| Apenas segue a sequência dos conteúdos que está no livro             |          |          |          | X        |          | Procura apresentar os conteúdos em uma ordem (psicológica) que busca facilitar a aprendizagem |
| Não adapta o ensino ao nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos |          |          |          | X        |          | Procura ensinar de acordo com o nível cognitivo dos alunos                                    |
| É desorganizado  |          |          |          | X        |          | É organizado, metódico  |
| Comete erros conceituais   |          |          |          | X        |          | Não comete erros conceituais  |
| Distribui mal o tempo da aula  |          |          |          |          | X        | Tem bom domínio do tempo de aula  |
| Usa linguagem imprecisa (com ambiguidades e/ou indeterminações)      |          |          | X        |          |          | É rigoroso no uso da linguagem  |
| Não utiliza recursos audiovisuais                                    | X        |          |          |          |          | Utiliza recursos audiovisuais   |
| Não diversifica as estratégias de ensino                             |          | X        |          |          |          | Procura diversificar as estratégias instrucionais   |
| Ignora o uso das novas tecnologias                                   | X        |          |          |          |          | Usa novas tecnologias ou refere-se a eles quando não disponíveis                              |
| Não faz demonstrações em aula  | X        |          |          |          |          | Sempre que possível, faz demonstrações  |
| Apresenta a Ciência como verdades descobertas pelos cientistas       |          |          |          | X        |          | Apresenta a Ciência como construção humana, provisória  |
| Simplesmente “pune” os erros dos alunos                              |          |          | X        |          |          | Tenta aproveitar erro como fonte de aprendizagem  |
| Não se preocupa com o conhecimento prévio dos alunos                 |          |          | X        |          |          | Leva em consideração o conhecimento prévio dos alunos   |
| Parece considerar os alunos como simples receptores de informação    |          |          | X        |          |          | Parece considerar os alunos como perceptores e processadores de informação                    |
| Parecer preocupar-se apenas com as condutas observáveis dos alunos   |          |          |          | X        |          | Parece ver os alunos como pessoas que pensam, sentem e atuam                                  |

Como a disciplina de Física foi aquela em que foram focadas as observações e na qual o contato com o professor foi mais aprofundado, as docentes das demais disciplinas observadas serão apenas brevemente descritas nos parágrafos a seguir para melhor contextualizar os Relatos de Observação.

A professora de Biologia, identificada no presente trabalho como Professora Z, possuía graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Passo Fundo, concluída em 2000. Durante o período de observações, suas aulas eram ministradas, segundo ela, em sua grande maioria, no terceiro período da escola, um horário difícil e diferenciado, pois possui duração reduzida.

A professora de Química, identificada no presente trabalho como Professora Y, possuía graduação em licenciatura em Química pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), concluída em 2010. A Professora Y esteve afastada por problemas graves em um de seus joelhos e, portanto, o contato que tive com a docente foi apenas no dia da aula observada em que notei uma postura bastante calma e uma relação bem próxima com os estudantes.

### **3.4. Relato das Observações em Sala de Aula**

Foram 24 horas-aula observadas, distribuídas entre períodos de Física, de Química, de Biologia, de Inglês e uma palestra aberta para a comunidade escolar.

Os relatos possuem descrições gerais sobre datas, turmas e estruturas das salas, além de descrições sobre os conteúdos apresentados e reflexões opinativas do autor do presente trabalho sobre os eventos observados.

Data: 24/08/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: Seis (cinco estudantes durante o primeiro período e mais uma no segundo período)

Estrutura da sala: 16 pares de classes divididos em três fileiras, equipamento de data show (envolto por uma grade de ferro) com um computador guardado em um armário baixo próximo a mesa do professor, um armário alto de metal, duas pilhas reservas de livros didáticos de diversas matérias, um quadro branco (o principal) e um quadro negro (para avisos e colagens), no qual estavam expostos trabalhos de artes e biologia.

Assunto da aula: Energia Mecânica e Transformações de Energia

O primeiro período da escola começou oficialmente às 7h30min, porém, por causa do temporal forte do início da manhã, muitos estudantes de toda a escola, principalmente da turma 202, faltaram. O Professor X me informou que as faltas nas sextas-feiras são bem mais comuns que em outros dias da semana.

A aula em si iniciou perto das 7h50min (cinco alunos em sala, dois meninos e três meninas) com a entrega de um trabalho a ser feito em aula, com consulta aos materiais e aos colegas se necessário.

Três dos estudantes presentes sentaram bem à frente da mesa do professor e começaram a resolver os exercícios com bastante facilidade, trocando ideias brevemente sobre a questão 8 representada na Figura 3 (“qual foi o resultado da tua questão 8?”, “qual é a unidade da energia mesmo?”) e respondendo as questões rapidamente. As duas alunas sentadas na mesma fileira de pares de classes, mas ao fundo da sala, avançavam com mais dificuldades e se distraíam bastante, tanto por conversas não relacionadas ao tema em estudo, quanto pelo uso de celulares.

8. Um carro de 1.200 kg de massa e inicialmente em repouso, acelera em uma trajetória retilínea de 100 m, atingindo a velocidade final de 36 km/h. Determine a energia cinética final do carro.

*Figura 3 – Questão sobre transformações de energia I*

*Fonte: Arquivo pessoal*

Por causa da quantidade reduzida de alunos, o Professor X foi capaz de acompanhar o passo-a-passo da resolução das questões e permitiu que eu acompanhasse de perto também.

As dúvidas e dificuldades dos alunos envolveram, em quase todos os casos, a preocupação em identificar as unidades de medidas ao fim dos exercícios e operações matemáticas básicas. As dificuldades com matemática envolveram desde compreender a utilidade de uma “regra de três” até a multiplicação de números altos (centenas e milhares), sem perder a noção da grandeza do número e da quantidade de zeros ao final.

A primeira página do trabalho envolvia exercícios de memorização e substituição de dados em determinadas fórmulas. Essas primeiras questões eram sobre energia mecânica e quase nenhuma exigia um raciocínio ou dedução mais elaborados. A segunda página trazia questões conceituais bastante simples de provas do ENEM e de outros processos seletivos para o Ensino Superior. Essas últimas questões eram objetivas, de múltipla escolha, e tratavam sobre Transformações de Energia. O Professor X não exigiu que os alunos justificassem suas respostas.

Em um momento da aula, as duas alunas ao fundo da classe chamaram o professor, mas ele estava atendendo os alunos da frente e, portanto, me propus a ajudar. Elas me questionaram sobre a questão 3 do trabalho, representada na Figura 4, especificamente sobre o item (a). A questão lidava com energia potencial gravitacional e continha como única informação dada a altura em que se encontrava um elevador e o valor aproximado para a aceleração da gravidade. O item (a) perguntava qual era a energia potencial gravitacional do elevador a essa altura dada. Conversando com elas, demonstrei que a resposta poderia ser escrita em termos da massa, mantendo-a incógnita, já que conhecíamos o valor de “g” e “h” (termos da expressão  $U_g = mgh$ ). Elas demonstraram grandes dificuldades em entender essa possibilidade de resposta. Quando questionei o Professor X, ele afirmou que a questão originalmente dizia um valor de massa para o elevador, mas que na edição ou impressão do texto a informação foi perdida. Portanto, finalizei a ajuda às alunas reiniciando (parcialmente) a resolução com a nova informação.

3. Um elevador, inicialmente em repouso, encontra-se à altura de 40m do solo. Determine:
- a) a energia potencial gravitacional do elevador;
  - b) o trabalho da força peso quando o elevador chega ao solo.

*Figura 4 – Questão sobre transformações de energia II*

*Fonte: Arquivo pessoal*

Quando soou o sinal para o 2º período da escola, mais uma aluna da turma chegou e se sentou próxima aos alunos da frente. Depois de ter recebido a folha do trabalho, prontamente se pôs a resolver as questões.

A aula prosseguiu até o fim do 2º período sem complicações ou destaques. A resolução das questões do trabalho ocorreu com muitas consultas dentro dos grupos de alunos e algumas poucas vezes entre os grupos, mais para confirmar resultados do que para sanar dúvidas ou exigir uma instrução mais longa de colega.

Os dois períodos de aula na turma 202 foram perceptivelmente atípicos pela pequena quantidade de alunos e pela possibilidade de acompanhar de maneira tão próxima o raciocínio de alguns estudantes. Foi uma aula calma e silenciosa em que os estudantes permaneceram escrevendo respostas e conversando pouco.

Algumas das situações que mais me chamaram a atenção foram os momentos de atenção do Professor X dado às duas alunas que sentaram ao fundo e que o chamavam frequentemente. Nesses momentos, ele cobrava cordialmente esforço das alunas e ajudava no

desenvolvimento das resoluções, sem nunca entregar as respostas, algo que tenho bastante dificuldade de imaginar fazendo e que, nesta mesma aula, tive que me policiar para não fazer.

Como explicar uma questão que eu mesmo construí ou trouxe para que estudantes respondessem sem pensar como um “especialista”? Uma das soluções que tenho encontrado é buscar questões conceituais com cuidado, questões as quais consigo claramente visualizar dicas e explicações que sejam apenas introduções a uma resposta, e não a resposta em si, e é o que pretendo trazer para o meu período de regência.

Data: 24/08/2018

Turma: 301 Ano: 3º

Horário: 9h30min às 10h30min e 11h45min às 12h45min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 14

Estrutura da sala: A sala da turma 301 se encontra no mezanino do casarão que é o prédio da Escola Ernesto Dornelles e tem a aparência de ser um sótão adaptado para ser uma sala de aula, possuindo 15 pares de classes disponíveis distribuídas em quatro fileiras.

Assunto da aula: Estudo de Resistores.

O terceiro período da escola começou às 9h30min, mas a aula inicia realmente às 9h40min.

O professor começou a aula informando que, já que o conteúdo havia sido iniciado há duas aulas atrás com a entrega de um texto orientador sobre o tema com informações diversas e um subtítulo: “Leis de Ohm” (as quais não são diretamente destacadas no texto), ele terminaria de falar sobre o assunto. No final do material, que possui três páginas, haviam sete questões de compreensão contextual e um “resumo musical”.

A turma, neste primeiro encontro, pareceu ser bastante agitada e distraída, excetuando-se três meninas sentadas mais a frente que eram bastante atentas, participativas e simpáticas ao professor, uma das quais cedeu as folhas com o texto orientador para mim (em seguida, o professor lhe entregou uma nova).

O foco da aula foi a “Segunda Lei de Ohm”, antecedida por uma rápida revisão oral da Primeira Lei.

Desenhando um gráfico de  $U(v)$  por  $i(A)$  no quadro com duas retas de inclinações diferentes caracterizadas como  $R_1$  e  $R_2$ , o Professor X trouxe a seguinte questão: qual delas representava a maior resistência?

A partir da inclinação teta, o professor descreveu a resistência, escrevendo a relação  $\theta = U/i = R$ . Ao final, escreveu a Primeira Lei do modo mais tradicional:  $U = Ri$ .

Depois disso, a atenção se voltou ao texto orientador, mais especificamente ao trecho que começava pelos dizeres “de que depende o valor de uma resistência?”

O Professor X indagou os alunos se lembravam quando na aula anterior ele havia trazido um aquecedor de água (“rabo quente”) e comentou que já havia introduzido a resposta a essa pergunta para os alunos, tentando cobrar o pouco da memória dos mesmos.

A aula se voltou para a escrita no quadro branco de informações sobre a Segunda Lei, exatamente como descrito a seguir (foi comentado por uma das estudantes que a página do livro referente ao assunto era a p. 32):

- 2ª Lei de Ohm

$R \propto L$  (em metros) (a resistência é diretamente proporcional ao comprimento)

↳ alfa

$R \propto A$  (metros ao quadrado) (a resistência é diretamente proporcional à espessura)

Neste momento, foi feito um desenho representando a seção transversal de um fio.

$R \propto \rho$  (rô) (em ohms vezes metros) (resistividade)

$\varsigma$  (sigma) (condutividade)

$$\rho = 1/\varsigma$$

$$R = \rho \cdot L/A$$

Ao fim da aula, foi discutida a questão 7 do texto orientador representada na Figura 5.

7) (Cefet-PR) São feitas as afirmações a seguir:

I. Se a diferença de potencial nos terminais do resistor de um chuveiro é mantida constante, para aquecer mais a água, devemos diminuir o comprimento do resistor.

II. Quanto maior a área da seção transversal de um resistor, menor será sua resistência elétrica.

III. A resistência elétrica de um resistor independe do material de que ele é feito.

Somente é(são) correta(s) a(s) afirmação(ões)

- a) I;
- b) II;
- c) III;
- d) I e II;
- e) II e III.

Figura 5 – Questão sobre resistores  
Fonte: Arquivo pessoal

A aula foi interrompida pelo sinal do recreio e o Professor X só retornou para a sala no quinto período, pois o próximo seria na turma 201. Esse segundo e último período na turma 301 ocorreu, para a minha surpresa, tranquilamente com a turma 301, que até duas horas atrás parecia ser a turma menos engajada com as aulas de física do Professor X, resolvendo as seis questões que restaram do texto orientador.

Desta parte final da aula, o maior destaque foi uma discussão (parcialmente limitada às alunas sentadas nas classes mais à frente da sala) promovida por uma aluna cuja principal questão foi “por que não existiam mais circuitos como os de HDs externos e afins feitos de ouro e prata?”, materiais que a aluna disse que eram “ótimos condutores”. O professor informou que já havia lido sobre a resposta a essa pergunta, mas que no momento não lembrava e que retornaria a esse ponto na próxima aula. Quase que imediatamente depois da fala do professor, a aluna se virou para a colega sentada ao seu lado e, ainda falando alto, mas como se falasse para si mesma ou diretamente para a colega, disse que a resposta “deve ter algo a ver com a oxidação que a prata sofre com mais facilidade ou algum outro processo assim, mas talvez não exatamente a oxidação...”

Minhas primeiras impressões da turma 301, como já brevemente comentadas, foram de que eram os estudantes menos engajados com as aulas de física do Professor X. Porém, é uma análise levando em conta uma média de engajamento da turma toda, pois foi na turma 301 que vi o grupo de alunas (aproximadamente quatro alunas, três sentadas próximas e uma mais afastada, mas todas à frente da sala) mais interessado e participativo de todas as turmas observadas até então. Infelizmente, o engajamento delas era bastante contrastante com o do resto da turma, que sentava quase que completamente ao fundo da sala e não largava os celulares.

Sobre as aulas em si, e considerando como possível causa do comportamento de boa parte da turma uma separação inadequada entre os períodos, tive a impressão de terem sido as mais rápidas e curtas que observei.

Pareceu-me uma prática comum da escola, ao analisar a grade de horários das turmas, essa separação de períodos de uma mesma disciplina no mesmo dia e acredito que é algo que precisarei ter cuidado e, se possível, evitar durante o período de regência.

Quanto ao conteúdo da aula, acredito que esta aula não tenha sido um bom exemplo do que o professor estava apresentando aos alunos em momentos anteriores, mas, apesar disso e de ter sido uma aula simples (uso exclusivo do quadro branco e de uma exposição dialogada), foi coerente com o texto orientador entregue aos estudantes.

Data: 24/08/2018

Turma: 201 Ano: 2º

Horário: 10h45min às 11h45min (uma hora-aula)

Número de estudantes presentes: 15 (com muitas ausências)

Estrutura da sala: 17 pares de classes divididos em três fileiras, televisão pendurada na parede de fundo da sala, um armário alto de metal e um quadro branco.

Assunto da aula: Potência, Trabalho, Energia Mecânica e Transformações de Energia (Revisão)

A aula começou com a devolução de um trabalho em que os estudantes tinham que redigir um texto imaginando um mundo sem o uso de animais e máquinas como força de trabalho e comparar a eficiência dessas duas forças com dados e perguntas norteadoras fornecidos pelo livro didático.

O Professor X se demonstrou decepcionado com a turma e as redações que foram entregues, destacando não só uma aparente falta de esforço como também uma pressa desnecessária para realizar o trabalho (que tinha aproximadamente um mês de prazo de entrega). Depois desses comentários, ele recomendou que os estudantes seguissem a organização da Aluna N que tinha feito uma boa redação usando as informações do livro e também criatividade em argumentar.

A turma 201 se mostrava animada, barulhenta e dispersa. Os estudantes se comunicam com o professor de maneira bem-humorada e carinhosa, mas sem prestar muita atenção. A maioria dos presentes sentou ao fundo, mesmo aqueles que participaram da aula e respondiam perguntas.

Havia dois grupos levemente exaltados de alunos, um formado por quatro alunas que voltavam sempre sua atenção aos celulares, mesmo depois dos diversos pedidos do professor para que guardassem os aparelhos; e o outro formado por um par de namorados e uma amiga do casal que atrapalharam o andamento da aula em alguns momentos com risadas e conversa intensa.

Depois de algumas perguntas incessantes de duas alunas sobre a vindoura prova ainda sem data, o Professor X passou a escrever no quadro branco algumas informações práticas sobre a avaliação e também uma revisão bem simples dos tópicos vistos. Elas ainda perguntaram se a prova não poderia ser uma recuperação apenas para quem precisasse (já que já existiam outras avaliações realizadas como a redação entregue no começo da aula e um trabalho semelhante ao da turma 202), mas a resposta foi negativa.

A avaliação seria no dia 29/08/2018 com consulta a um resumo de meia página. Inicialmente o professor disse que seria sem consulta, mas mudou de ideia depois de alguns minutos.

A revisão iniciou com o Professor X listando no quadro branco os “Conteúdos de avaliação” e, ao lado ou logo abaixo, as fórmulas relacionadas, do seguinte modo:

Potência:  $P = W/\Delta t$  ou  $E/\Delta t$  onde  $W = F \times d \rightarrow P = \frac{F \cdot d}{\Delta t} = F \cdot v \rightarrow$  Unidade de medida:  
watt [W] = [J/s]

Nesta primeira parte da revisão, o Professor X se referiu à potência como uma “taxa de transformação de energia” e usou exemplos tais como a eficiência e potência de secadores de cabelo, usinas eólicas (exemplo trazido por um dos alunos) e a comparação entre potência de automáticas (carros e caminhões) presentes na página 27 do livro didático (informação passada pelo mesmo aluno).

Energia Cinética:  $E_C = \frac{1}{2} mv^2 \rightarrow E_C$ : joules [J], m: massa [kg], v: velocidade [m/s]

Energia Gravitacional Potencial:  $E_{PG} = mgh \rightarrow E_{PG}$ : joules [j], m: massa [kg], g: “gravidade”  $\rightarrow 10 \text{ m/s}^2$ .

Na última parte da revisão, o Professor X fez uma leitura bem direta do que foi escrito no quadro, sem acrescentar muito. O único complemento à leitura foi a citação a uma das questões de um trabalho já entregue (atividade semelhante à da turma 202) sobre energia potencial gravitacional em um salto de asa-delta.

A primeira aula que presenciei com a turma 201 passou rapidamente, tanto por ter sido o primeiro período pós-recreio, quanto por ter sido apenas uma hora-aula. Apesar dos momentos de desvio de atenção, a turma não ficava inerte e não era desrespeitosa com o professor.

Havia quatro ou cinco estudantes muito quietos e com os quais não consegui interagir. Eles também não interagiram muito com seus colegas, exceto em momentos de perguntas para o professor.

Quanto ao conteúdo da aula, percebi pela revisão que o enfoque com os temas de Energia foi voltado para a memorização das fórmulas e para o cuidado com as unidades. Entretanto, percebi também que o Professor X tentou escapar de avaliações inteiramente tradicionais buscando, por exemplo, exercitar a escrita de textos longos por seus alunos e o raciocínio conceitual através de questões do ENEM.

Como reflexão final com base no que observei, acredito que mudar a forma de se apresentar as questões aos alunos ajudaria muito a compreensão de todos e agilizaria essa parte

das aulas. Mesmo uma breve explicação mais aprofundada sobre a origem das questões (processos seletivos de vestibular) e uma simples leitura em voz alta para toda a turma já fariam certa diferença, mas um método ativo como a Instrução pelos Pares seria o ideal.

Data: 28/08/2018

Turma: 101 Ano: 1º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas hora-aula)

Número de estudantes presentes: 27 (dois estudantes chegaram apenas para o segundo período)

Estrutura da sala: 20 pares de classes divididos em três fileiras, televisão pendurada na parede de fundo da sala, um computador guardado em um armário baixo de metal e um quadro branco.

Assunto da aula: Cinemática

A aula começou com verificação de quais dos estudantes haviam terminado de responder às questões de um trabalho entregue na aula anterior.

Subsequentemente, houve a divisão da turma 101 em dois grandes grupos: aqueles que já haviam feito o trabalho da última aula sentaram sozinhos próximos à parede da porta da sala e os que não haviam terminado sentaram em duplos ou trios próximos à parede das janelas.

Como a sala não possuía o armário alto de metal (comum a todas as outras salas da escola) para guardar os livros reservas, estes tiveram que ser buscados na sala mais próxima de uma turma de primeiro ano. Três alunos foram encarregados disso e voltaram rapidamente com apenas alguns quatro ou cinco livros que acabaram sendo usados pelas duplas e trios de estudantes.

A partir de então (já eram aproximadamente 8h15min), o Professor X passou a se dirigir quase que majoritariamente ao grupo de estudantes que sentaram sozinhos próximos à parede da porta e que deveriam se focar em um novo trabalho. Para isso, o professor começou perguntando “o que significa dizer que uma velocidade média é igual a 50 km/h? Não convertam a unidade, apenas me expliquem, comparem com algo”.

Eu não tive acesso a nenhuma das duas listas de exercícios dessa aula, mas pelo que pude perceber pelas manifestações de alguns estudantes (“mas qual a diferença entre grandeza e unidade, ‘sor’?” e “achei que a gente ‘tava’ estudando física e não matemática...”, por exemplo) que as questões envolviam muitas conversões de unidades e cálculos simples para velocidades médias.

Minha primeira impressão da turma 101 foi de que ela era formada por um grupo bem-humorado (talvez até um pouco demais) e suficientemente comportado de estudantes (apesar do comentário do Professor X que era uma das turmas mais agitadas).

Foi a turma que mais interagiu espontaneamente comigo, perguntando-me se eu iria assumir as aulas de física que eles tinham e quando eu ou o Professor X respondíamos que este ainda era um momento de observações e que nada estava acertado eles insistiam de modo brincalhão que eu assumisse as aulas com eles.

Reparei, também, que os estudantes da turma 101 eram os que menos usavam os celulares durante a aula o que não necessariamente os impedia de perderem a atenção nas atividades do dia, algo que observei acontecer várias vezes.

Sobre a aula em si, como não presenciei nenhuma exposição de conteúdo ou discussão sobre um conteúdo novo para a turma 101, vou apenas reforçar minhas boas impressões sobre a atenção que vejo sendo dada pelo Professor X aos seus alunos. Mesmo ele se descrevendo como um perfil que “briga bastante com os estudantes”, o que observei até agora indica apenas que ele insiste bastante que sejam concluídos todos os trabalhos entregues e que sejam feitos com dedicação, isso sem elevar a voz mais do que necessário e sem parecer irritado ou fora de si.

Data: 28/08/2018

Turma: 201 Ano: 2º

Horário: 10h45min às 11h45min (uma hora-aula)

Número de estudantes presentes: 18

Estrutura da sala: 17 pares de classes divididos em três fileiras, televisão pendurada na parede de fundo da sala, um armário alto de metal e um quadro branco.

Assunto da aula: Avaliação.

Na prova da turma 201 no dia 28/08, os estudantes podiam consultar um resumo de meia página feita pelos próprios com as informações que eles achassem necessárias.

O comportamento dos alunos no início do período foi agitado, mas depois de entregue a prova eles rapidamente se acalmaram até que o silêncio imperou na sala.

Até onde pude perceber, não houveram tentativas de espionar o material ou as respostas de outros colegas. Todos os estudantes trouxeram seus resumos e, excetuando-se alguns momentos de reflexão nos quais eles olhavam para o teto ou para o Professor X, todos passaram os sessenta minutos do período focados na avaliação.

Algo interessante que pude observar foi que, depois que alguns estudantes entregavam suas provas, o Professor X apontava ou fazia um breve comentário sobre alguma questão do tipo “tu consegues melhorar essa resposta” ou “volta para a classe, eu vi teu resumo, tenho certeza que a resposta está lá”. Nas duas ou três vezes que algo semelhante ocorreu, os estudantes voltaram às suas classes, completaram ou alteraram de alguma forma suas respostas depois de alguns instantes de concentração e hesitação e entregaram novamente a prova, mas agora com posturas e olhares mais confiantes.

Durante a prova, não houveram dúvidas conceituais ou sobre o conteúdo, o que, particularmente, subverteu bastante minhas expectativas, até mesmo porque o próprio Professor X comentou que era bastante comum não haver perguntas nos dias de aulas regulares, mas quando havia uma avaliação, todos levantavam a mão.

As duas últimas situações destacadas - o pedido do professor para que alguns alunos revisassem suas respostas antes de entregarem a prova e a falta de dúvidas e perguntas sobre as questões apresentadas - me pareceram bastante curiosas.

A primeira situação foi curiosa porque me perguntei se conseguiria ter a mesma atitude do professor, ao pedir um novo esforço do estudante sem apontar especificamente os possíveis erros que eu poderia ver ao pousar os olhos nas respostas a uma prova, mas causando de fato uma reavaliação desse aluno e até, quem sabe, uma postura de confiança dele ao entregar a prova, como observei acontecendo. Uma possível solução seria a aplicação de um tipo de avaliação que me deixe confortável a fazer isso, pois acredito que teria dificuldades em não entregar a resposta a uma questão se a avaliação fosse completamente tradicional como uma aplicação de fórmulas a um conjunto de dados, por exemplo.

A segunda situação foi curiosa apenas pelo meu acúmulo de expectativa de ver estudantes se exaltarem em dúvidas e confusão ao verem as questões da prova, como me foi dito pelo Professor X que seria e acabou não sendo. Talvez eu tenha exagerado ao imaginar a cena, mas acredito que vale a pena destacar o ocorrido.

Data: 28/08/2018

Turma: 302 Ano: 3º

Horário: 11h45min às 12h45min (uma hora-aula)

Número de estudantes presentes: 17

Estrutura da sala: 16 pares de classes divididos em três fileiras, equipamento de data show (envolto por uma grade de ferro) com um computador guardado em um armário baixo de

metal próximo a mesa do professor, um armário alto de metal para guardar livros didáticos, um quadro branco (o principal) e um quadro negro (para avisos e colagens diversas).

Assunto da aula: Potência Elétrica e Efeito Joule.

A turma 302 começou a aula sentada em um arranjo bem desorganizado de classes. Alguns estudantes sentados em duplas, outros sozinhos, outros em grupos de quatro com apenas um par de classes virado para trás. O Professor X pareceu não notar e/ou não se importar com este arranjo.

O objetivo da aula era finalizar uma lista de exercícios a ser entregue sobre Potência Elétrica e Efeito Joule.

Quanto ao conteúdo da aula e as dúvidas dos alunos, o que pouco que pude notar foi a dificuldade de definir fluxo de cargas e corrente elétrica (com um dos alunos literalmente perguntando “mas o que é a corrente elétrica no exercício 3 mesmo?”) e compreender uma quantidade com uma variação no tempo.

A turma 302 estava bastante agitada e má comportada. As conversas não-relacionadas ao conteúdo foram bastante presentes durante o período inteiro e o uso dos celulares foi incessante, mesmo com os pedidos do professor para que guardassem os aparelhos.

Algumas situações ajudaram a aumentar o grau de baderna na aula, como, por exemplo, um grupo de três ou quatro estudantes se levantando e saindo da sala sem avisar ou se explicar ao Professor X. Mais tarde, no fim da aula, foi contado por uma das alunas que sentava próximo a esse grupo que eles precisaram ir conversar com a diretora da escola, mas eles não retornaram à sala e esta estudante foi embora carregando as mochilas dos colegas.

Outra situação dessas foi uma longa conversa paralela sobre um ex-aluno da escola, recém-formado, e que havia entrado para o curso de Engenharia Física da UFRGS e sobre com o que, especificamente, lidava uma graduação em Engenharia Física. Os estudantes tentaram envolver o Professor X e a mim na conversa, mas ambos demos respostas curtas afirmando não sabermos exatamente o que tinha de específico em um curso de graduação como esse em relação a outras engenharias.

Minha primeira impressão da turma 302 foi de que, assim como na turma 301, havia acabado de presenciar o grupo de estudantes menos engajado com as aulas de física do Professor X; falta de engajamento que neste primeiro momento não pude conectar a nada em específico. Além disso, devo acrescentar que mesmo estudantes que mostravam um interesse e foco no trabalho pareciam ter apenas um comprometimento bem leve com a aula. Talvez a agitação e o mau comportamento fosse porque a aula ocorreu no último período do dia ou por

desinteresse completo em responder uma lista de exercícios, mas não consegui rastrear a origem do problema.

Por não ter conseguido uma cópia das questões as quais os estudantes estavam tentando responder, pelas conversas paralelas e pela agitação que vi, considerei a observação do presente relato como uma das menos frutíferas que realizei e, conseqüentemente, uma das aulas menos frutíferas que acompanhei. Conversei brevemente com o Professor X sobre o assunto ao fim da aula e, apesar de ele não ter feito nenhuma ligação entre as duas turmas, percebi que ele descreveu os estudantes deste terceiro ano com o mesmo desânimo que me havia descrito os estudantes da turma 301.

Data: 14/09/2018

Turma: 202 Ano: 2°

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 26 (24 estudantes durante o primeiro período e mais duas no segundo período)

Assunto da aula: Energia Mecânica e Transformações de Energia

Assim como na primeira aula de sexta-feira em que observei a turma 202, por causa de um temporal forte no início da manhã, muitos estudantes de toda a escola faltaram ou se atrasaram. O Professor X teve um pequeno atraso, pois precisou conversar com um estagiário antigo da escola que gostaria de entrevistar sete alunos da turma 202. Ao chegar na sala e explicar aos alunos, apenas seis se prontificaram a participar, pois a maioria não estava presente na última aula e precisava entregar o trabalho da última semana.

A aula em si iniciou às 7h50min (sem os seis estudantes que saíram para a entrevista) com um parecer do Professor X sobre a correção do trabalho de redação e leitura do livro didático (assunto: potência efetiva de máquinas), semelhante ao que a turma 201 precisou fazer. Com a turma 202, o professor foi um pouco mais severo do que com a turma 201 e repreendeu consideravelmente aqueles que não entregaram (a maioria) e aqueles que apenas fizeram uma cópia do texto de outros colegas (o restante).

Por causa disso, o Professor X pediu mais responsabilidade da turma com os compromissos da escola, demonstrando compreender que seus estudantes tenham apreço por outras disciplinas, como Português e Biologia, que exigem esforços e competências diferentes, mas que isso não pode ser desculpa para não se ter engajamento com as atividades da disciplina de Física.

Aos estudantes que tiveram acesso ao último trabalho que devia ser entregue e que teve seu prazo prorrogado diversas vezes, o Professor X solicitou entrega imediata das respostas às questões mesmo de quem não finalizou e/ou estava tentando finalizar nos primeiros minutos da aula.

Terminada a conversa inicial do professor com a turma, ocorreu a entrega de um trabalho (levemente parecido com o que foi entregue no encontro anterior) para ser feito em aula, mas agora com consulta exclusiva ao livro didático e ao caderno, ao contrário da última vez na qual os alunos podiam consultar uns aos outros. A partir daí, foram gastam alguns minutos organizando a sala e separando os estudantes para que o trabalho fosse realmente realizado individualmente.

Depois da entrega das folhas com as questões, o Professor X passou à leitura do enunciado e de breves explicações sobre as alternativas de todas as questões.

Essas leitura e explicações se mantiveram calmas e sem interrupção até o enunciado da questão 4 (ver Figura 6) em que algumas alunas comentaram não saber o significado da palavra “assoreamento”. O Professor X respondeu que é um processo ou “movimento” que ocorre quando se retira a vegetação do bioma das margens dos rios e essas margens caem (no rio) auxiliado em alguns momentos por uma aluna sentada bem à frente. Respondeu, também, que é um movimento tão comum quanto a retirada de areia do fundo de rios e lagos.

4. (CPS-SP) O Brasil utiliza o represamento das águas dos rios para construção de usinas hidroelétricas na geração de energia elétrica. Porém, isso causa danos ao meio ambiente, como, por exemplo:

- imensa quantidade de madeira nobre submersa nas águas;
- alteração do habitat da vida animal;
- assoreamento dos leitos dos rios afluentes.

Numa usina hidroelétrica existe uma transformação sequencial de energia. Esta sequencia esta indicada na alternativa:

- a) cinética – potencial – elétrica.
- b) química – cinética – elétrica.
- c) cinética –elástica – elétrica.
- d) potencial – cinética – elétrica.
- e) potencial – química – elétrica.

*Figura 6 – Questão sobre transformações de energia III*  
*Fonte: Arquivo pessoal*

O sinal para o segundo período tocou às 8h30min e poucos minutos depois a leitura e explicação acabaram e os estudantes voltaram a atenção exclusivamente às questões.

A partir desse momento, a aula seguiu quase que em silêncio absoluto, excetuando-se dois momentos. Primeiro, a procura de livros reservas, que acabaram não sendo suficientes para todos, pelos estudantes que não trouxeram os seus e que acabaram repreendidos pelo professor. E, segundo, a chegada de duas alunas minutos depois do sinal para o segundo período. Houve um breve tumulto e discussão com o Professor X que pediu para as alunas não entrarem na sala de aula e o aguardarem na sala da Direção.

No momento de ausência do Professor X, para o qual ele me pediu que observasse a turma com mais cuidado, não houve quase que nenhuma mudança no estado de silêncio da turma além de alguns cochichos breves demais para serem identificados.

Após o retorno do professor à sala e faltando 10 minutos para o fim da aula, o Professor X me chamou a frente da turma rapidamente e me apresentou àqueles estudantes os quais ainda não haviam me conhecido.

Minhas impressões da turma 202 nessa aula foram bem diferentes. Como estava em maior número de estudantes presentes, ela foi mais agitada do que imaginei, mas, no geral, ainda razoavelmente calma em relação a outras turmas que observei.

Fiquei bastante surpreso pela falta de exposição de dúvidas e perguntas por parte dos estudantes, excetuando a questão “o que é assoreamento?” a qual acabou em um diálogo interessante entre professor e estudantes. O comportamento e a quietude durante a realização das respostas às questões do trabalho foram semelhantes ao que observei apenas em dia de prova. Não consegui identificar se era por falta de dificuldade da maioria dos alunos e alunas com a matéria, o que acho bastante improvável, ou por estarem precisando de toda e qualquer melhoria possível em suas notas e conceitos, menos improvável, mas não muito menos, já que o Professor X parece aplicar várias avaliações.

Data: 14/09/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 9h30min às 10h15min (uma hora-aula)

Número de estudantes presentes: 26

Assunto da aula: Avaliação da disciplina de Língua Estrangeira (Inglês)

O terceiro período da turma 202 começou com a chegada de uma coordenadora da escola e com um recado: a aula de Inglês, que ainda não possuía uma nova professora fixa, ocorreria sem a presença de um professor regente em sala e seria sobre a realização de uma atividade simples a qual foi entregue à líder da turma.

Depois de lerem brevemente a folha sobre a atividade a ser feita em aula, a aluna e uma colega notaram e informaram a coordenadora que o trabalho exigiria o uso de computadores e revistas, mas o laboratório de informática não estava disponível e a biblioteca estava fechada. A coordenadora leu com atenção e concordou, mas complementou dizendo que os estudantes realizassem as partes da tarefa que fossem possíveis sem computador e que se comportassem durante a atividade.

A turma, agora agitada e barulhenta, passou a rearranjar a sala em pequenos grupos e duplas como era o mais comum após a saída da coordenadora. Em poucos instantes, depois de alguns estudantes perguntarem se eu continuaria na sala, voltaram a ficar razoavelmente calmos, mas quase ninguém voltou a atenção ao trabalho de Inglês.

Uma aluna me mostrou a atividade e realmente parecia algo planejado para ser feito com, no mínimo, acesso a revistas disponíveis na biblioteca e, idealmente, com acesso a computadores. Essa aluna e algumas colegas saíram brevemente da sala para buscar algumas das revistas que ficavam no corredor do primeiro andar na mesa com os livros do “Pegue e Leve” da escola. Porém, quando voltaram, gastaram pouca atenção e pouco tempo voltadas à confecção do trabalho e acabaram conversando em voz baixa, lendo o caderno ou se distraindo de outras formas.

A maior parte da turma aproveitou o terceiro período para trabalhar nas respostas às questões de um trabalho da disciplina de Matemática e conversando sobre o trabalho de Física que haviam acabado de fazer. Até onde pude notar, a maioria das conversas envolveu apenas a confirmação de quais alternativas foram marcadas, porém, em um momento, um aluno tentou justificar a alternativa escolhida na questão 2 (ver Figura 7) dizendo que escolheu a alternativa c, pois “na usina termelétrica, eu acho que a segunda é a energia química, pois a água vira vapor”.

2. Escolha a alternativa que melhor descreve a sequencia de transformações energéticas relacionadas ao uso de transformações energéticas relacionadas ao uso de um chuveiro conectado a uma rede elétrica abastecida por uma usina termelétrica.

a) energia química → energia térmica → energia mecânica → energia elétrica → energia térmica.

b) energia nuclear → energia mecânica → energia mecânica → energia elétrica → energia térmica.

c) energia eólica → energia química → energia mecânica → energia elétrica → energia mecânica → energia térmica.

d) energia nuclear → energia térmica → energia mecânica → energia elétrica → energia térmica → energia térmica.

Figura 7 – Questão sobre transformações de energia IV  
Fonte: Arquivo pessoal

A partir de então, a aula seguiu com alguns poucos estudantes conversando ou se distraindo com seus celulares e a maioria restante trabalhando na atividade da disciplina de Matemática.

Depois de ter lido o texto entregue à turma com a proposta de atividade da disciplina de Inglês, tive que concordar com os estudantes que muito pouco daquilo poderia ser feito na sala de aula regular. Portanto, e principalmente por não ser o professor regente no momento e por não querer exercer uma autoridade que não me foi solicitada de modo algum, segui o resto do período apenas observando o comportamento da turma e interagindo brevemente com eles.

Esse foi o período em que melhor pude conversar com eles e aprender alguns nomes sem ser ao ouvir o Professor X chamar alguns deles. Não tive conversas longas com nenhum dos estudantes, até porque pensei que mesmo que concordasse com a dificuldade em se fazer o trabalho de Inglês, eu não deveria contribuir com a distração ou a conversa excessiva na sala. Porém, pude ver melhor como se expressam e pude até responder algumas perguntas sobre minha presença na escola e sobre o questionário de concepções sobre a disciplina de Física que apliquei na turma.

Data: 14/09/2018

Turma: 201 Ano: 2º

Horário: 10h30min às 11h30min (uma hora-aula)

Número de estudantes presentes: 19

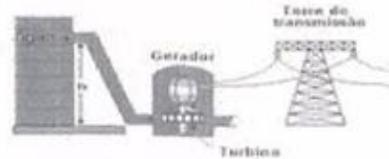
Assunto da aula: Correção da prova.

A aula iniciou com alguns comentários do Professor X sobre o desempenho dos estudantes na prova do dia 28/08 e no trimestre em geral, focando bastante nos conceitos necessários para aprovação (“se eu tirei B na prova e C no trabalho, preciso de recuperação?”).

Acabada essa parte, passou-se à correção da prova com os alunos solicitando questões que queriam ver corrigidas. Uma aluna muito participativa pediu a resolução da questão 9 e um grupo de alunas solicitou as resoluções das questões 6, 7, 8 e o item (c) da questão 4.

Ao ouvir tantos pedidos de resolução de questões, o Professor X decidiu corrigir praticamente a prova inteira, a partir da questão 2 (ver Figura 8). Para começar, ele reproduziu o desenho presente na folha da prova que representava o funcionamento de uma usina hidrelétrica. Duas das alunas que solicitaram resolução de algumas questões esperaram apenas o professor terminar a leitura do enunciado da questão e responderam quase imediatamente e de modo uníssono: “letra d!”.

2. (ENEM) No processo de obtenção de eletricidade, ocorrem várias transformações de energia. Considere duas delas:



I. cinética em elétrica

II. potencial gravitacional em cinética

Analisando o esquema a seguir, é possível identificar que elas se encontram, respectivamente, entre:

- I – a água no nível h e a turbina, II – o gerador e a torre de distribuição.
- I – a água no nível h e a turbina, II – a turbina e o gerador.
- I – a turbina e o gerador, II – a turbina e o gerador.
- I – o gerador e a torre de distribuição, II – a água no nível h e a turbina.
- I – a turbina e o gerador, II – a água no nível h e a turbina.

Figura 8 – Questão sobre transformações de energia V  
Fonte: Arquivo pessoal

Ao fim da resolução da questão 2, os estudantes fizeram diversos comentários sobre seus erros e acertos. “A questão 2 estava no trabalho!”, “a questão 1 também!” e “a questão estava no caderno!”. Além disso, um dos alunos admitiu ter chutado mesmo com a consulta de uma “cola autorizada”.

Para a resolução da questão 3 (ver Figura 9), o professor passou a escrever no quadro:

$$P = W/\Delta t \Rightarrow W = P \cdot \Delta t$$

$$P = 50 \text{ kW} \Rightarrow 50000 \text{ W}$$

$$\Delta t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$W = 50000 \cdot 36000 = 18000000 = 1,8 \cdot 10^8 \text{ J} \Rightarrow \text{não possui alternativa}$$

$$W = P \cdot \Delta t = 50 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 50 \text{ kWh (alternativa a)}$$

3. Um motor de 50 kW de potência aciona um veículo durante uma hora. Calcule o trabalho desenvolvido pelo motor.

- 50 kWh
- 5 kWh
- $5 \times 10^4 \text{ J}$
- $1,8 \times 10^5 \text{ J}$
- $1,8 \times 10^6 \text{ J}$

Figura 9 – Questão sobre trabalho e potência  
Fonte: Arquivo pessoal

Para a questão 5 (ver Figura 10), o Professor X reforçou a necessidade de uma conversão de unidades e demonstrou no quadro como fazer de quilômetros por hora para metros por segundo.

5. Um carro de 1.100 kg de massa e inicialmente em repouso, acelera em uma trajetória retilínea de 100 m, atingindo a velocidade final de 108 km/h. Determine a energia cinética final do carro.

*Figura 10 – Questão sobre energia cinética  
Fonte: Arquivo pessoal*

A discussão se voltou para a questão 6 e, quando indagada pelo professor, uma das alunas tentou justificar seu raciocínio para a resposta: “o carro estava no solo e o solo é ‘zero’”. Como resposta, o professor afirmou que para o dobro da altura, era o dobro da energia e escreveu no quadro o raciocínio para explicar.

$$E_A = mgh$$

$$E_B = mg(2h) = mg2h = 2mgh = 2E_A$$

Na questão 7:

$$E_A = mgh$$

$$E_B = (2m)gh = 2mgh = 2E_A$$

Depois de ler o enunciado da questão 8, o Professor X gastou alguns minutos reforçando a dependência quadrática entre energia cinética e velocidade. Ao final dessa exposição do professor, uma aluna perguntou de modo bastante inseguro e pausado: “então, se temos duas vezes a velocidade...então é quatro vezes a energia...?”. Depois disso, o professor escreveu no quadro o raciocínio para explicar a resposta.

$$E_C = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow E_C = \frac{1}{2} m(2v)^2 = \frac{1}{2} m4v^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot mv^2$$

Sobre a questão 9, algumas alunas reclamaram bastante porque o professor não aceitou como correta a resposta de muitos estudantes os quais afirmaram: “Eu só não coloquei o nome científico”, “não tem que colocar mais força no que está mais carregado?”, “a resposta foi totalmente explicativa, só faltou o nome científico”. Essa questão foi uma em que poucos estudantes descreveram suas respostas em termos de “energia”, ou mesmo “massa”, pois o que chamou a atenção deles foi o termo “carregado”.

Nesta aula, pude ouvir melhor os estudantes se manifestando sobre suas respostas e conhecimentos sobre o conteúdo. Pude ouvir melhor, também, as manifestações de animação dos estudantes ao descobrirem terem acertado uma questão e desânimo ao ouvirem sobre seus erros.

Não foram manifestações comuns a toda a turma, pois alguns estudantes não participaram com muita atenção da correção, mas foram suficientes para que eu refletisse sobre como reproduzir o fenômeno, com tantas participações, na minha aula pós-avaliação. Corrigir uma a uma as questões da prova não me parece prático, visto o tempo que terei para realizar tal tarefa, mas ainda assim gostaria de ter um feedback parecido dos estudantes quando eu revelasse o desempenho da turma na avaliação prevista no fim da minha unidade didática.

Data: 18/09/2018

Turma: 201 Ano: 2º

Horário: 9h30min às 10h15min (uma hora-aula)

Assunto da aula: Recuperação.

Assunto da aula: Avaliação.

Na prova de recuperação da turma 201 no dia 18/09, os estudantes podiam consultar o mesmo resumo de meia página feita pelos próprios já utilizada para a avaliação anterior.

O comportamento da turma foi calmo durante o período inteiro, mesmo durante a organização da sala para separar as classes já que a prova era individual.

Assim como na avaliação anterior, não notei tentativas de estudantes espionar o material ou as respostas de outros colegas. Todos da turma ainda possuíam seus resumos.

Novamente foi questionado ao Professor X o significado da palavra “eólica” ao que ele respondeu afirmando ser “dos ventos, a energia [eólica] é associada à energia cinética dos ventos”. O significado da palavra “assoreamento” também foi questionado de novo ao que o professor respondeu que “era relacionado ao aumento de resíduos em rios”.

Sobre as poucas manifestações que ouvi dos estudantes, destaco apenas uma que me chamou atenção. Um dos estudantes cochichou para a colega mais próxima em tom debochado ao ver a prova “não precisa calcular? Podia ter ficado em casa...”.

Esse comentário do estudante tornou aparente para mim o valor que alguns alunos atribuem a avaliações das disciplinas de ciências exatas. Perguntei-me “o que há de tão peculiar e irrelevante em uma prova de Física sem cálculos a ponto de ser melhor ficar em casa?”. Acredito que estudantes que pensam assim construíram, em algum momento de suas trajetórias escolares, uma relação direta entre trabalho prático com cálculos e a utilidade do aprendizado sobre um determinado conteúdo.

Visto que construí para minha unidade didática uma avaliação que não exige esforços matemáticos, questiono-me se algum dos estudantes da turma 202 também desvalorizará a prova que irei apresentar pela mesma razão.

Data: 18/09/2018

Turma: 302 Ano: 3º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 13

Assunto da aula: Potência Elétrica e Efeito Joule.

A aula começou com avisos sobre datas vindouras importantes: o pré-conselho de classe em 24 de setembro, a prova dia 25 de setembro e a recuperação com data ainda em aberto, mas programa para a semana seguinte.

O objetivo da aula era, assim como na aula anterior, finalizar uma lista de exercícios a ser entregue sobre Potência Elétrica e Efeito Joule, mas dessa vez o Professor X solicitou explicitamente que os estudantes sentassem em duplas e conversassem sobre as questões.

Nesses momentos de interação, várias dúvidas e questionamentos foram feitos em voz alta, como “qual é a fórmula da força (elétrica) mesmo?” e a grande maioria foi respondida por colegas próximos ou que se levantavam para ajudar os autores dos questionamentos.

Durante essa parte da aula, ouvi alguns estudantes dizerem para seus colegas algo semelhante a “eu disse que eu sei fazer, não que eu sei explicar”, mas observando o engajamento da turma percebi que não era uma dificuldade que afetava a maioria da turma.

Uma das alunas mais participativas, sentada bem à frente da mesa do professor, ajudou muitos de seus colegas, tanto relendo os enunciados com eles, quanto indicando o caminho para se chegar a resposta. Em uma dessas ajudas, ela enfatizou bastante para seu colega o quanto valia a carga de um elétron e disse que, para o item b da questão 3 (ver Figura 11), era necessário usar a “fórmula das correntes”, pois este item solicitava o fluxo de carga elétrica. Ela finalizou seus comentários relendo, a seu modo, a parte da questão perguntando “a seção transversal é atravessada por...?”

3. Suponha que seja possível contar o número de elétrons que passam através de uma seção de um condutor no qual se estabeleceu uma corrente elétrica. Se durante um intervalo de tempo  $t = 10$  s passam  $2 \times 10^{20}$  elétrons nessa seção, determine:

- a quantidade de carga  $Q$ , em Coulombs, que corresponde a esse número de elétrons.
- a intensidade da corrente (em ampére) que passa na seção do condutor.

Figura 11 – Questão sobre corrente elétrica

Fonte: Arquivo pessoal

Essa mesma aluna participativa também demonstrava dificuldades próprias, por vezes dizendo “eu queria saber onde eu vou usar o  $\theta$ ; o  $\theta$  é a resistência? Ou a carga pelo tempo?” ou ainda “intensidade é  $i$ , certo? Mas como eu calculo o potencial... não tem nenhuma fórmula... eu faço  $i$  dividido por  $R$ ?”. Nessa última pergunta, o Professor X chegou a fazer alguma breve explicação para a aluna, mas ela rapidamente respondeu a própria pergunta em voz alta e voltou a escrever em sua folha.

O segundo período da turma 302 não era uma aula de física, mas, a pedido dos estudantes que sabiam que ainda não havia uma professora de Inglês para assumir a turma nesse horário, o Professor X se manteve na sala até às 9h30min. Além disso, ao bater o sinal, mais 6 estudantes chegaram.

Por alguns minutos, a turma volta a se comportar modo mais semelhante a última aula, mas depois de alguns momentos eles se acalmaram razoavelmente e, mesmo quando voltaram a se agitar e a falar alto, pareciam estar trabalhando nas questões.

Nessa parte da aula, houve mais interações do Professor X com a turma para explicar as questões e elas ocorreram basicamente de dois modos distintos: ou ele lia as questões com destaques em seu tom de voz ou ele demonstrava um desenvolvimento inicial para o ponto principal da questão ainda ficasse a cargo do estudante com dificuldades.

A aluna participativa supracitada continuou suas conversas para ajudar os colegas, destacando coisas como: “A gente precisa prestar atenção na corrente, pois o tempo está variando. Eu acho mais fácil pensar assim do que decorar”. Continuou, também, expressando dúvidas como: “A questão está perguntando qual o melhor resistor, eu acho que é o que tem o número, a resistência, maior, certo?” ao que um colega respondeu: “Não, é o mais longo ou comprido”. Depois de expressar um estranhamento por não ver nenhuma informação relacionada ao comprimento do resistor na questão, a aluna consultou o texto de apoio e encontrou sua resposta: “quanto menor o comprimento, menor o  $R$ !”.

O Professor X interrompeu um pouco os estudantes alguns minutos de atenção para lembrá-los que “um resistor ôhmico tem uma resistência constante, quando mantido à temperatura constante, com uma razão constante entre a tensão e a corrente”.

Nos últimos minutos de aula, alguns estudantes admitiram que uma de suas maiores dúvidas era a relação entre baixa resistividade de um material e a boa condutividade do mesmo.

Minha impressão sobre a turma pouco se alterou nesta aula. Apesar de eu ter destacado e acompanhado bem a estudante que participou ativamente das atividades, a turma como um todo ainda parecia desatenta ou, ao menos, despreocupada. A falta de empolgação com o conteúdo ou com as atividades da aula (resoluções de exercícios) era visível, como possível

solução acredito que algo como a inclusão de demonstrações experimentais seriam eficazes se inseridas com cuidado.

Data: 25/09/2018

Turma: 202 Ano: 2°

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 23 (dois estudantes após o início do segundo período)

Assunto da aula: Termoquímica

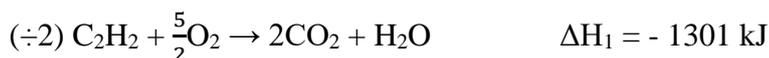
O objetivo da aula era resolver e corrigir exercícios em conjunto. Para isso, a Professora Y, de Química, começou escrevendo no quadro branco a seguinte equação a qual ela caracterizou como “equação global”:



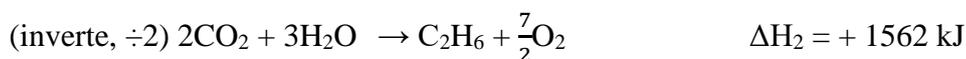
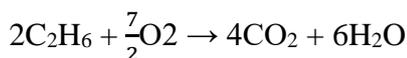
Ao lado, escreveu “ $\Delta H = ?$ ”.

Depois, a professora fez a pergunta “quantas reações intermediárias?” à qual os estudantes responderam “três!”. Em seguida, ela perguntou “qual é a substância comum na equação global?”, questão que ficou breve sem resposta dos estudantes até ela começar a desenvolver outros passos da resolução.

Em seguida, uma nova pergunta: “o que fazemos quando tem O (oxigênio) na global e não na intermediária?” e, para responder, passou a escrever no quadro:



Novamente é feita a pergunta “qual a substância que é comum na equação?”.

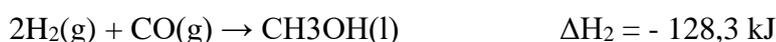
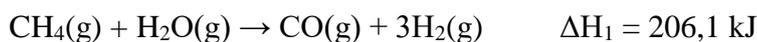
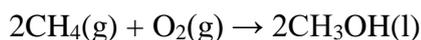


Para complementar, a professora perguntou: “O que há em termos de substâncias iguais em lados diferentes dessas reações?”. Depois das respostas diversas dos alunos, a professora lembrou que: “Se não conseguirmos eliminar os oxigênios, é preciso começar tudo de novo”.

A professora reescreveu a soma dos  $\Delta H$  para melhor compreensão dos estudantes, de  $\Delta H_{1+2+3}$  para  $\Delta H_{(1+2)+3}$ .

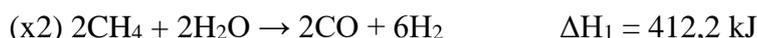
O segundo período da aula foi utilizado quase que inteiramente para dois exercícios sobre a Lei de Hess, com as seguintes informações ditas e informações escritas no quadro:

“Use a Lei de Hess para calcular o  $\Delta H$ :”

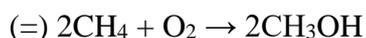


Resposta:  $\Delta H = - 328 \text{ kJ}$

Em seguida, foi explicado que “o objetivo é transformar, rearranjar, ‘cortar’, essas equações para análise. Começando por: qual a substância comum?”.



Buscando participação dos estudantes a professora insistiu em algumas perguntas: “estão na mesma quantidade? Do mesmo lado? Então...”



Concluindo o raciocínio do parágrafo anterior, ela disse: “substâncias iguais do mesmo lado da equação, nós somamos. Substâncias iguais em lados diferentes, nós subtraímos”.

$$\Delta H = 412,2 + (- 256,6) + (-483,6) = - 328 \text{ kJ}$$

Ao final, a professora afirmou que “se libera energia, chamamos a transformação de exotérmica. Se absorve, chamamos de endotérmica”.

Notei que a Professora Y fez perguntas bem pontuais, porém relevantes sobre as mudanças de equação a equação e a turma respondeu frequentemente em coro e com bastante segurança.

Uma das coisas mais interessantes que chamaram minha atenção foi o assunto da aula, termoquímica, visto que o conteúdo programado para a unidade didática com a qual trabalharei na turma 202 é termodinâmica. Cogitei ser possível realizar uma conexão entre os assuntos, mesmo que de modo apenas através de uma citação. Além disso, notei que, mesmo em uma aula com vários conceitos razoavelmente complexos de química, a maior dificuldade dos estudantes era a matemática básica, principalmente ao escrever e ler frações.

Percebi, também, que os estudantes mais participativos nessa aula não são os mesmos em relação a aula de Física e que, em geral, a turma como um todo era mais ativa e respondia perguntas em voz alta com mais segurança.

Data: 25/09/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 9h30min às 10h15min (uma hora-aula)

Número de estudantes presentes: 23

Assunto da aula: Ciclo reprodutivo das plantas.

A aula começou com a Professora Z, de Biologia, lembrando os estudantes sobre o combinado envolvendo um resumo de texto livro didática da disciplina. Logo após, ela passou a tratar sobre o assunto da aula, falando e esquematizando no quadro algumas perguntas principais: “É ciclo porque se repete?” e “Se sim, é sexuada ou assexuada?”.

Na sequência, ela explicou que é sexuada por existirem células que formam em um corpo (planta); células reprodutivas (gametas), mas que existe sim plantas que produzem ambos os gametas masculino e feminino, mas que essa produção não é útil (em termos de energia gasta) para as plantas. Para uma planta, gerar variabilidade é mais útil que fazer cópias de si mesma.

A explicação foi acompanhada da construção, no quadro branco, de um esquema como representado na Tabela 2.

*Tabela 2 – Classificação de plantas*

| Briófitas          | Pteridófitas                               | Gimnosperma                               |
|--------------------|--|---|
| Fecundação na água |  | Angiosperma formam sementes (tem embrião) |
|                    | Contém vasos para transporte de nutrientes |   |

Uma aluna contou sobre um incidente em que teve um grão de feijão inserido no ouvido que quase começou a crescer (brotar) e causou dor em seu canal auditivo.

Depois de alguns momentos de leve descontração por causa da história, a professora explicou que isso aconteceu porque o ouvido oferece condições favoráveis para um broto crescer: água/humidade.

“A própria borracha é seiva, ou seja, a parte dos nutrientes, da planta por isso algumas pessoas têm alergia”.

Grão de pólen possui uma estrutura esférica, é um gameta masculino e é transportado geralmente pelo vento. O pinheiro é citado como exemplo, destacando que cada pinha é um conjunto de sementes. “Quando o pólen é grudento, é transportado por animais”.

Depois de uma outra história contada sobre como a mãe de uma aluna dizia a ela, quando criança, que “não se deve engolir a semente da laranja porque pode crescer uma

laranjeira na barriga”, a professora explica que isso não é possível na realidade, pois os ácidos presentes no estômago são capazes de eliminar a proteção mais externa das sementes.

Um aluno sentado mais próximo a mesa da professora comenta sobre uma notícia que leu sobre uma semente ter brotado e parcialmente se desenvolvido no pulmão de uma pessoa. A Professora Z demonstrou bastante incredulidade, mas prometeu procurar e ler sobre o caso depois de realizar perguntas como “qual era o tamanho da semente?” e “como isso aconteceu sem a presença do gameta feminino?”.

A Professora Z dispunha de um dos horários mais complicadas da escola para realizar sua aula. O terceiro período possui 45 minutos, 15 a menos do que todos os outros, e é um horário em que os estudantes já demonstram maior agitação e ansiedade para ir para o recreio. Ela chegou pontualmente na sala de aula, mas gastou alguns minutos se estressando com o comportamento da turma, pedindo para se sentarem e esperarem ela se dirigir a todos.

Notei um interessante razoável dos estudantes sobre algumas discussões específicas incentivadas pelo assunto da aula, mas não senti o mesmo interesse quanto ao conteúdo em si e aos conceitos que eles precisavam memorizar.

Além disso, apesar da agitação e de alguns momentos específicos de pouca atenção à professora, a participação da turma foi razoável e até maior do que em algumas aulas de Física.

Data: 28/09/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 22

Assunto da aula: Auto-avaliação e introdução à Termodinâmica

O primeiro período da escola começou com o Professor X avisando a turma sobre a palestra que aconteceria com a escola toda sobre suicídio e o Setembro Amarelo. Depois disso, solicitou aos estudantes uma auto-avaliação na qual eles deveriam expressar suas dificuldades individuais e as da turma como um todo, comentários sobre frequência de presenças em aula que eles mantiveram durante o semestre e críticas individuais e sobre as aulas também.

Depois disso, o professor fez um aviso sobre a atividade da escola que ocorreria no terceiro período: uma palestra do Setembro Amarelo sobre suicídio na adolescência.

O desenvolvimento das auto-avaliações durante boa parte do primeiro período e, quando finalizadas, o Professor X iniciou uma introdução à Termodinâmica. Para tanto, ele passou a escrever os seguintes textos no quadro sobre os conceitos básicos mais relevantes:

“TEMPERATURA - As partículas que formam os corpos, moléculas e íons estão em constante movimentação dentro destes corpos, chamando essa movimentação de agitação, podemos afirmar que a temperatura indica o quanto as ‘partículas’ que formam aquela substância estão agitadas. Sendo assim, uma alta temperatura indica um elevado grau de agitação (muito movimento) e uma baixa temperatura indica um baixo grau de agitação (pouco movimento).

“Calor: é uma forma de energia, chamada energia em trânsito, ou seja, não pertence a um corpo ou a um ser, está sempre fluindo entre os corpos, desde que entre eles exista uma diferença de temperatura. Assim, não é possível encontrar um sistema onde não exista calor, o que podemos ter é um sistema em equilíbrio térmico (mesma temperatura), onde o calor não flui entre corpos”.

Depois de ter escrito essas informações no quadro, o Professor X relembra aos estudantes o seu e-mail de forma a enfatizar sua disponibilidade para contatos referentes a dúvidas e problemas para que a relação entre ele e a turma não fosse dependente de contatos indiretos através de outros professores.

Para falar sobre calorimetria e termologia, identificados como componentes de uma área maior (Termodinâmica), o professor citou a página 90 do livro didático como referência e iniciou a discussão tratando sobre teorias antigas sobre calor, como o fluidismo e o calórico-calor como substância o qual ele comparou à eletricidade e o “fluido elétrico”.

O experimento de Joules do equivalente mecânico do calor foi o próximo assunto da aula. Uma descrição breve foi realizada, citando o recipiente com líquido utilizado, as duas pás interligadas e os dois pesos. Essa descrição acompanhada foi acompanhada de um desenho feito no quadro ilustrado pela Figura 12.

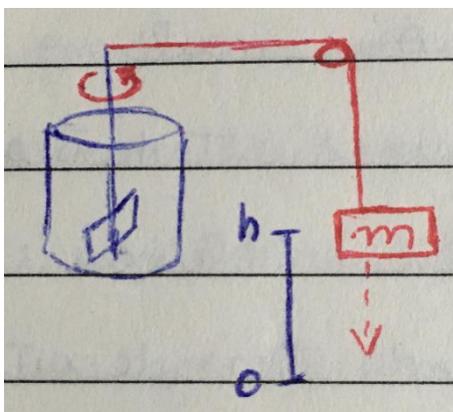


Figura 12 – O experimento de Joules  
Fonte: Arquivo pessoal

Para enfatizar o conceito de calor, o Professor X reescreveu no quadro duas informações importantes sobre a necessidade de dois ou mais sistemas (dois objetos ou um objeto e um meio) e a existência de diferentes temperaturas entre eles. Para representar essas informações, foi feito, no quadro, o desenho representado na Figura 13.

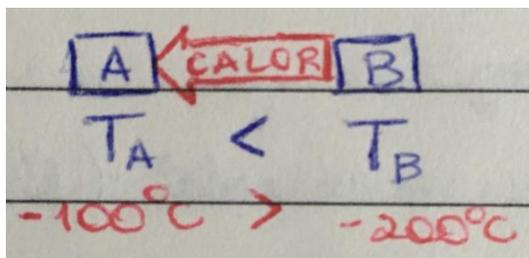


Figura 13 – Calor  
Fonte: Arquivo pessoal

A partir do desenho supracitado o professor continuou enfatizando conceitos e trazendo novas informações, como, por exemplo, ao questionar à turma “qual o fluxo do calor?”, afirmando que o fluxo ocorre do corpo B para o corpo A.

Nesse momento, uma das alunas sentadas mais a frente perguntou se “frio é calor?” ao que o professor respondeu, clarificando a dúvida e diferenciando frio de calor.

A parte final da aula se voltou para a leitura do texto escrito pelo professor no quadro e copiado pela turma sobre temperatura e calor. Foram enfatizadas novas informações a partir disso, como o que o texto queria dizer com a palavra corpos (“tudo que há na natureza e tem massa, matéria”) e com a palavra agitação (“imagine um gás e o movimento de suas partículas; há uma combinação de energia cinética mais as energias potenciais entre as partículas: a energia interna”).

O Professor indicou a leitura das páginas 90 e 91 do livro didático como tema de casa.

A aula do presente relato foi uma das mais importantes para o planejamento das minhas atividades de regência justamente por introduzir alguns dos conceitos com os quais eu iria trabalhar. Admito que não previ que o professor iria avançar tanto na discussão, mas isso não prejudicou de modo negativo minha construção da unidade didática, apenas foram necessários alguns ajustes no planejamento da minha fala para não tratar de assuntos já citados como se estivessem sendo vistos pela primeira vez.

Percebi que era provável certa expectativa do Professor X em desenvolver melhor conceitos de calorimetria aos quais eu iria aludir, mas não desenvolveria de modo específico. Fiquei levemente preocupado com a possibilidade de haver uma quebra de continuidade entre essa aula e os meus dois primeiros períodos com a turma por causa disso, mas acabei aceitando

isso como algo normal à inserção de um professor estagiário nas atividades desenvolvidas com a turma.

Data: 28/09/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 9h30min às 10h15min (uma hora-aula)

Número de estudantes presentes: 22

Assunto: Palestra sobre o Setembro Amarelo

O Setembro Amarelo é uma iniciativa brasileira e um período de conscientização e de divulgação de informações preventivas sobre suicídio.

A ETESED, para participar da campanha, convidou uma psicóloga para conversar com toda a escola sobre o assunto.

A psicóloga palestrante já havia realizado duas falas, uma durante o turno da tarde e uma durante o turno da noite e, portanto, já estava consideravelmente familiarizada com a escola e seus estudantes.

Sua apresentação foi focada na interação direta com estudantes não só em uma fala expositiva.

Foram feitas diversas perguntas e, para promover inicialmente a participação dos estudantes ofereceu bombons de chocolate para que dessem respostas em voz alta para o grande grupo. Apesar de soar como uma ação comportamentalista, sua atitude acabou sendo simpática e inclusiva, com um grande índice de participação de discentes.

Ao passar pela pergunta “o que pode levar uma pessoa ao suicídio?”, a psicóloga, apesar de ter ouvido muitas respostas, destacou algumas delas como problemas familiares, solidão, drogas, *bullying*, insatisfação pessoais, autodepreciação. Esse destaque foi feito a não apontar tais respostas como causas ou sintomas principais que poderiam levar ao suicídio, mas como bons indicadores de um problema com raízes mais complexas e diversas.

Apesar de não ter visto muitos estudantes da turma 202 participando, ou se esforçando para participar, acredito que a realização de uma atividade assim, principalmente em uma escola que conviveu com a tentativa de suicídio de um de seus estudantes recentemente, é uma importante quebra de tabu e fortalecedora da empatia entre os pares.

#### 4. Planejamento e Regência

Em encontros da disciplina de Estágio de Docência em Física, as atividades de planejamento começaram com discussões sobre conhecimento científico, habilidade didática, contextualização e problematização no ensino de Física, metodologias ativas de ensino e teorias de aprendizagem. Ao final dessas atividades, foi feita a escolha da escola para realização das atividades.

Após esse período, durante o início da familiarização com o contexto da ETESD e após a seleção de uma turma para as práticas de regência, foram estabelecidos resultados esperados de aprendizagem de forma ampla, mas direcionada, baseados nos conteúdos previstos pelo cronograma do professor de Física regente.

Para o início da construção dos Planos de Aula e unidade didática, ainda durante o período de observação e monitoria, foi aplicado um questionário de informações gerais sobre os estudantes e de suas concepções sobre Física na turma selecionada, turma 202. A partir do questionário, foram determinadas metas adicionais e mais específicas que direcionaram o trabalho de planejamento. Um modelo do questionário se encontra no Apêndice 1.

Buscando um aprimoramento das atividades de regência previstas e um maior preparo para a função de docente, foram feitas apresentações de microepisódios de ensino, versões sintetizadas das aulas como um tipo de ensaio e submetidas à apreciação dos colegas de Estágio e do professor orientador. Nessas apresentações, houve o compartilhamento de ideias, aprimoramentos, dúvidas, conselhos, críticas e frustrações sobre o planejamento para a regência de forma que ele fosse construído da melhor maneira possível. Foi um exercício muito gratificante, pois culminou em momentos de reflexão sobre a construção de uma identidade docente, sobre os cuidados conceituais que se deve manter em exposições orais e os cuidados práticos que se deve ter em atividades experimentais.

Baseado no interesse em astronomia demonstrado pelos estudantes, a construção da unidade didática se inspirou fortemente, como já dito na seção de Introdução, no conjunto de materiais didáticos intitulados “A Contextualização da Astronomia no Ensino da Termodinâmica” produzidos por Jan Torres Lima. Além das anotações realizadas durante as observações em sala de aula e materiais acadêmicos adicionais, como os Textos de Apoio ao Professor de Física, também foram consultados os livros didáticos Física em Contextos (PIETROCOLA, POGGIBEND, *et al.*, 2011), Física Conceitual (HEWITT, 2008) e Física – Volume Único (GASPAR, 2005).

Os materiais de leitura e apresentações de *slides*, apesar de fortemente estruturados com base nos materiais supracitados, foram compostos em grande parte por construções textuais de minha autoria.

Foram utilizados vídeos do *Youtube*, trabalhos de divulgação científica selecionados com cuidado, e também foram utilizadas muitas imagens e fotografias do espaço retiradas, em sua maioria, de páginas dos *sites* da NASA. Os materiais de leitura estão presentes no Apêndice 2 e exemplos de *slides* utilizados em aula estão presentes nos Relatos de Regência.

Para análise do desempenho dos estudantes, preparei duas atividades avaliativas específicas: uma lista de exercícios (Ver Apêndice 3) e uma prova (ver Apêndice 4).

Além dessas duas avaliações, foi planejada também uma análise da participação dos estudantes nas atividades de IpC feitas durante as aulas, além da participação nas atividades que envolveram o método POE, para compor essa análise de desempenho e, no fim, avaliar objetivamente a turma.

Um cronograma completo do período de regência está representado na Tabela 3.

Os Planos de Aula e os Relatos de Regência com informações mais detalhes estão presentes nas subseções a seguir.

Tabela 3 – Cronograma de regência

| <b>Aula</b> | <b>Data</b>                 | <b>Conteúdo(s) a ser(em) trabalhado(s)</b>                                     | <b>Objetivos de ensino</b>  | <b>Estratégias de Ensino</b>   |
|-------------|-----------------------------|--|---|--|
| 1           | 05/10/18<br>7h30 às<br>9h30 | Panorama Geral da Unidade de Ensino, Conceitos de energia, temperatura e calor | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar a unidade de ensino, buscando gerar engajamento ao justificar o entrelaçamento entre Astronomia e Termodinâmica e ao apresentar a Instrução pelos Pares.</li> <li>- Debate relacionado às concepções dos alunos sobre política e os conteúdos do ensino público.</li> <li>- Apresentar o que são estrelas, como surgem e os conceitos de energia, temperatura e calor.</li> </ul> | - Exposição dialogada.   |
| 2           | 19/10/18<br>7h30 às<br>8h30 | Escalas Termométricas e Equilíbrio Térmico                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reforçar os conceitos de energia, temperatura e calor.</li> <li>- Apresentar escalas e alguns métodos de medição de temperatura, construindo a conexão entre esta medida e a cor das estrelas.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposição dialogada.</li> <li>- Demonstração experimental.</li> </ul> |
| 3           | 25/10/18<br>7h30 às<br>9h30 | Lei Zero da Termodinâmica e Mudanças de Estado Físico                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir o conceito de equilíbrio térmico e apresentar a Lei Zero da Termodinâmica.</li> <li>- Apresentar outras mudanças decorrentes do aumento de temperatura como as mudanças de fase de uma substância.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposição dialogada.</li> <li>- Instrução pelos Colegas.</li> </ul>   |

|   |                             |   |   |  |
|---|-----------------------------|---|---|--|
| 4 | 26/10/18<br>7h30 às<br>9h30 | Dilatação Térmica e Propagação de Energia Térmica   | - Reforçar os conceitos de energia e calor.<br>- Apresentar tipos de dilatação devido ao aumento de temperatura.<br>- Apresentar processos de troca de energia térmica (condução, convecção, radiação).   | - Exposição dialogada.   |
| 5 | 09/11/18<br>7h30 às<br>9h30 | Primeira Lei da Termodinâmica                       | - Apresentar a Primeira Lei da Termodinâmica, focando em seu caráter conservativo.<br>- Relacionar as transformações de estado e a 1ª Lei ao explicar o surgimento de elementos químicos no interior das estrelas.  | - Exposição dialogada.   |
| 6 | 14/11/18<br>7h30 às<br>9h30 | Transformações Termodinâmicas e Lei Geral dos Gases | - Analisar as mudanças sofridas por gases ao variar pressão, volume e temperatura.<br>- Demonstrar que o comportamento de uma estrela cefeida é bem explicado considerando as relações intrínsecas entre pressão, volume e temperatura.<br>- Relacionar pressão, volume e temperatura, conectando-os a períodos da vida das estrelas. | - Exposição dialogada.<br>- Uso de simulação computacional.                          |
| 7 | 23/11/18<br>7h30 às<br>9h30 | Revisão e Avaliação                                 | - Análise final do nível de aprendizagem dos conceitos trabalhados e da capacidade de resolução de problemas pelos estudantes.  | - Exposição dialogada;<br>- Uso de questões conceituais e quantitativas.             |
| 8 | 30/11/18<br>7h30 às<br>9h30 | Segunda Lei da Termodinâmica e Entropia             | - Apresentar a Segunda Lei da Termodinâmica.<br>- Explicar o conceito de entropia.  | - Exposição dialogada;<br>- Demonstração experimental;<br>- Instrução pelos Colegas. |

#### 4.1. Primeira Aula

Data: 05/10/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 21

##### 4.1.1. Plano de Aula

**Conteúdo:** Panorama geral da unidade de ensino; revisão dos conceitos de energia, temperatura e calor.

**Objetivos de ensino:** Expor brevemente todos os conteúdos da unidade de ensino, buscando gerar engajamento ao justificar o entrelaçamento entre Astronomia e Termodinâmica e também ao apresentar a Instrução pelos Colegas. Promover um debate relacionado às concepções dos alunos sobre ciência e ensino público. Realizar uma apresentação sobre o que

são estrelas e como elas surgem. Conceituar temperatura e calor, destacando a diferença entre os dois conceitos.

**Procedimentos:** Exposição dialogada baseada na apresentação de *slides*.

**Recursos:** Computador e projetor de *slides*.

**Atividade inicial** (30 minutos):

- Apresentação de modo formal e breve sobre o meu objetivo na sala de aula, destacando as diferentes atividades que faremos (como as demonstrações experimentais e as tarefas da Instrução pelos Colegas).

- Sessão de comentários sobre as respostas ao questionário de concepções sobre Física, destacando fortemente que as respostas foram lidas e serão, dentro do possível das minhas capacidades e do tempo que terei com os estudantes, atendidas.

- Explicação sobre os métodos Instrução pelos Colegas e P.O.E. e sobre as futuras demonstrações experimentais.

- Debate com os alunos sobre política e conteúdos do ensino público. Levantar questões como “Por que assuntos como astronomia não são costumeiramente discutidos no ensino de física?”, “quem define e como define os conteúdos dos livros didáticos?” e “o que precisa mudar no ensino? Basta incluir assuntos interessantes e tudo estará resolvido?”.

- Diferenciação entre astronomia e astrologia, indicando que apesar de ambas tratarem de um mesmo assunto, as estrelas, a astrologia lida com explicações sobre o comportamento humano e é baseada em uma linguagem próxima ao misticismo e a astronomia lida com a mecânica das estrelas e sua origem através de uma linguagem científica.

**Desenvolvimento** (60 minutos):

- Justificativa para o entrelaçamento entre astronomia e termodinâmica. Sem nunca esquecer de inserir situações reais, do cotidiano, nas aulas; incluir um assunto diferente, motivador e “fora-da-caixa” é muito importante e positivo para o bom andamento de uma aula. Estudar a termodinâmica nas estrelas é também estudar a termodinâmica no nosso mundo. Entretanto, é claro que nossas cabeças não devem ficar o tempo todo no espaço enquanto nossos pés permanecem imóveis no chão. Assuntos como esportes e culinária também serão tratados sob uma perspectiva termodinâmica.

- Exposição dos assuntos das próximas aulas ordenadamente, positivamente promovendo a Instrução pelos Colegas e a astronomia que estarão presentes e destacando que todas as aulas serão centradas em responder, mesmo que de maneira bem simplificada, perguntas sobre astronomia com argumentos da termodinâmica.

- Apresentação da questão norteadora da aula: “como surgem as estrelas?”, desenvolvendo inicialmente noções básicas de o que são estrelas e de onde surgem. No processo de se apontar onde as estrelas surgem, será destacado que elas surgem em regiões de baixa agitação de partículas ou, em outras palavras, regiões frias e que é sobre exatamente isso que se trata o conceito de temperatura: agitação das partículas que compõem um objeto. Será introduzida a noção de que o aumento de temperatura causa alteração em outras propriedades físicas de um objeto.

- Exibição de uma simulação computacional interativa sobre estados da matéria para ilustrar de modo coerente a ideia de agitação de partículas e exibição de um vídeo curto que sintetiza os assuntos da discussão até então.

- Ao final da apresentação de “como surgem as estrelas?” há uma ilustração que mostra uma troca de energia térmica (em forma de calor) que ocorre nesse período da formação estelar (entre o núcleo e uma camada externa e mais fria da estrela) que será usada de gancho para a conceituação de calor como a transferência de energia entre um objeto com maior temperatura para um com menor temperatura.

#### **Fechamento** (30 minutos):

- Explicação da resposta à questão norteadora da aula, destacando que elas surgem em regiões de baixa temperatura que permitem que as partículas, pouco agitadas, possam se agrupar e formar os núcleos das estrelas. Na sequência desse processo, o núcleo começa a se esquentar devido à pressão da gravidade até que começa a transferir energia na forma de calor para seu exterior.

- Entrega de material de leitura para atividades da aula seguinte.

#### **4.1.2. Relato de Regência**

A aula iniciou às 7h40min para que o maior número possível de estudantes já estivesse em sala.

Como programado, os primeiros minutos foram utilizados para me apresentar formalmente aos alunos: meu nome completo, onde nasci, com o que trabalho e para divulgar meu e-mail como o recurso formal de contato para dúvidas.

Em seguida, foram apresentadas algumas das respostas, na forma de citações diretas, ao questionário aplicado na turma algumas semanas atrás (ver Figura 14). Uma parte da turma se surpreendeu e se descontraiu com a ideia de se apresentar essas respostas, mas rapidamente foi avisado que os autores não seriam identificados.

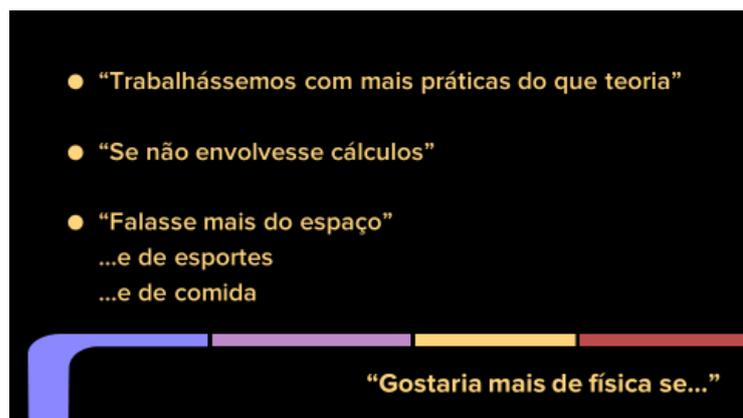


Figura 14 – “Gostaria mais de física se...”

Antes de apresentar todos os tópicos que serão tratados a unidade didática prevista, introduzi duas perguntas: “por que não é comum estudar astronomia na Educação Básica?” e “qual a diferença entre astronomia e astrologia?”.

Na primeira pergunta, poucos se manifestaram. Incentivei a turma a identificar os responsáveis pelos assuntos discutidos na Educação Básica, mas apenas um estudante se manifestou, em voz baixa, dizendo ser o MEC o responsável. Aproveitei a resposta desse estudante e complementei dizendo que cada conteúdo de cada disciplina presente no currículo da Educação Básica é uma construção conjunta de vários setores da sociedade, mas regulada por e, frequentemente, encabeçada por estudiosos das áreas de ensino de cada disciplina e que os livros didáticos precisam respeitar e representar essa construção. Discutimos, ao final, algumas diferenças entre como a escola pública e a privada distribuem e enfocam os conteúdos obrigatórios e em como os vestibulares e o ENEM as influenciam.

Na segunda pergunta, presenciei mais estudantes com vontade de responder. Uma das estudantes que se prontificou para falar respondeu algo bem próximo ao que eu esperava discutir. Ela explicou que a astrologia se preocupava mais com o misticismo e mitologia dos signos e que a astronomia se preocupava com o movimento das estrelas. Eu complementei a resposta, dizendo que em um primeiro momento poderíamos considerar que ambas possuem um objeto de estudo em comum: as estrelas, e que é por isso que o prefixo *astro-* se encontra nas duas. Porém, a astrologia se preocupa em explicar e prever o comportamento humano usando como referência observações do céu não atualizadas e uma linguagem mística, assim como a estudante havia dito, enquanto a astronomia, que é uma área da física, busca estudar a mecânica dos corpos celestes e a origem deles através de uma linguagem científica.

Para finalizar essa exposição dialogada, apresentei imagens geradas pelo software *Stellarium* (ver Figura 15) em que destaquei a posição de algumas constelações no céu diurno

(12h) e noturno (23h59min) no dia da aula (cinco de outubro) para ilustrar a defasagem entre o calendário astrológico, sempre fixo, e as previsões astronômicas mais atualizadas.



Figura 15 – Imagem do software Stellarium

O panorama geral da unidade didática começou com a apresentação das questões norteadoras que seriam usadas em cada aula. Quando informei a primeira questão, “Como surgem as estrelas?”, algumas estudantes manifestaram certa incredulidade, como se não fossemos conseguir responder à pergunta durante uma aula, mas rapidamente justifiquei que mesmo quando as questões forem complexas, as respostas seriam em termos de conceitos básicos e essenciais da Termodinâmica.

Comentei que seriam discutidas noções básicas sobre o que são estrelas. Uma estudante perguntou se eu iria apresentar essas noções porque “as estrelas não têm a forma que a gente acha que elas têm” e respondi que isso faria parte da descrição que eu traria, mas não somente isso. Em seguida, uma outra estudante trouxe sua própria definição de estrela: “é uma bola de gás que está sempre queimando e está a milhões e milhões de quilômetros daqui”. Respondi que a ideia geral de o que é uma estrela estava presente na resposta, mas o que foi dito não era exatamente correto e prometi voltar ao assunto em momentos vindouros.

Quando apresentei a Segunda Aula e sua questão norteadora, “As estrelas possuem cores?”, quase todos os estudantes, antes mesmo de eu desenvolver qualquer fala, responderam que não possuíam cores. A mesma estudante que diferenciou astrologia de astronomia disse não ter tanta certeza, pois já havia lido sobre as estrelas possuírem cores e que isso estava relacionado com o tamanho das estrelas ou alguma outra propriedade delas. Uma outra estudante perguntou se as estrelas realmente tinham tamanhos diferentes. Respondi à primeira estudante afirmando que isso seria interessante discutir na aula seguinte, e para a segunda aluna destaquei que as estrelas possuem sim tamanhos diferentes.

Nesse momento, expliquei que a maioria das imagens de estrelas presentes nos *slides* das aulas são de *sites* da NASA e que todas passam por um tratamento digital, uma pós-produção, ou possuem complementos meramente ilustrativos, nem sempre representando as fotografias com as quais os astrônomos trabalham de fato.

A apresentação sobre a Terceira Aula foi curta e não gerou reações dos estudantes os quais afirmaram não saber a resposta da questão “Como a energia do Sol chega à Terra?”.

A apresentação sobre a Quarta Aula e de sua questão norteadora, “As estrelas são fábricas de elementos químicos?”, também foi breve e gerou apenas uma reação de destaque. Uma estudante reagiu com incredulidade à questão e respondeu que as estrelas não eram relacionadas à origem dos elementos químicos. Perguntei se ela conhecia a citação de Carl Sagan, “somos todos poeiras das estrelas”, ao que ela respondeu negativamente. Comentei que uma das coisas que se pode extrair da citação é uma conexão entre os elementos químicos do corpo humano e os que estão presentes nas estrelas, mas mesmo assim ela reafirmou que não acreditava que as estrelas fossem relacionadas com a origem dos elementos químicos.

Ao apresentar a Quinta Aula e sua questão norteadora, “O que são estrelas cefeidas?”, comentei que nesse dia, além de falar explicar o que é esse tipo de estrela através de conceitos termodinâmicos, também haveria uma discussão sobre o papel das mulheres na ciência.

Sobre a Sétima Aula, afirmei que seria nosso último encontro e que seria um assunto bastante conceitual, com a questão norteadora “Como será o fim do Universo?”.

Para finalizar o panorama da unidade didática, apresentei uma pequena tabela listando as aulas e suas questões norteadoras. Em seguida, apresentei os critérios que usaria para avaliar a turma (a entrega da resolução de uma lista de exercícios, a participação nas demonstrações e atividades experimentais e uma avaliação final, na Aula 06).

Ao iniciar o tópico da Primeira Aula, rerepresentei a questão norteadora e a pergunta “o que são estrelas?”. Resgatei a resposta da aluna que havia descrito estrelas como esferas de gás que estão sempre queimando a milhões de quilômetros de modo a corrigi-la e completa-la conforme a Figura 16.

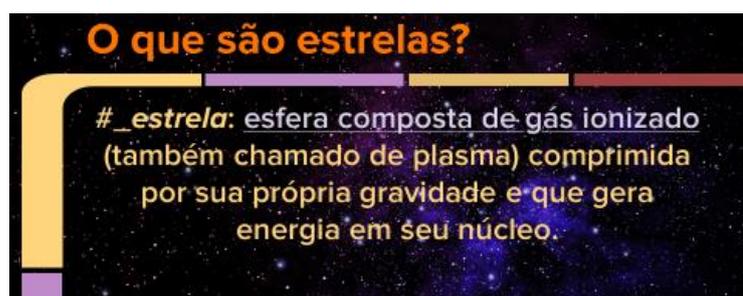


Figura 16 – “O que são estrelas?”

Nos *slides* seguintes, resgatei a pergunta da outra aluna sobre a forma das estrelas e destaquei que, ao contrário do que representações mais simples, ilustrativas e comuns mostram, as estrelas não possuem pontas e que o fato de que elas aparentam possuir raios muito claros e pontudos pode ser explicado por fenômenos que ocorrem pela interação da luz das estrelas com instrumentos ópticos e com a atmosfera.

Finalizadas as noções básicas sobre estrelas, passei a discutir seu local de origem. Descrevi as nebulosas como grandes aglomerados de poeira e gás nas quais existem regiões mais frias (de menor agitação das partículas) que são chamadas de glóbulos de Bok. Pedi aos estudantes que lembrassem qual conceito o Professor X havia relacionado com a agitação de partículas na aula anterior. A turma demonstrou insegurança e dificuldade de lembrar, mas uma aluna exclamou “temperatura!” e boa parte da turma reagiu em concordância.

Continuando a exposição, expliquei que quando a temperatura dos glóbulos de Bok se aproximar dos 263 °C as partículas começam a colapsar, comprimidas pela força da gravidade e é isso que dá origem aos núcleos das estrelas ou às protoestrelas.

Voltando à definição de estrela, destaquei a parte em que comentava que a estrela gerava energia. Pedi para eles repassarem em suas mentes o trabalho que estavam desenvolvendo até então com o Professor X de tentar descrever tipos e transformações de energias e pedi, também, ainda mantendo essas descrições em mente, se permitissem expandir o conceito de energia. Em seguida, apresentei a seguinte definição: “energia é aquilo que faz com que um objeto, sistema ou corpo passe por algum tipo de processo. Ser posto em movimento, ser acelerado, levantado, iluminado, aquecido, entre muitos outros processos...”.

Depois disso, descrevi a energia térmica, título da Unidade 2 do livro didático, como aquilo que faz com que um objeto, sistema ou corpo, passe por algum tipo de processo que cause mudança na agitação de suas partículas e a energia interna como a soma total das energias potencial e cinéticas das partículas. Percebi expressões de dúvida no rosto dos estudantes durante essa última definição e voltei a ela em um ponto mais ao fim da aula.

Apresentei uma revisão detalhada do conceito de temperatura baseada em uma comparação entre um dia frio e um dia quente. Uma estudante questionou se mesmo um corpo de uma pessoa morta possuía agitação de partículas; respondi positivamente, destacando apenas que o grau de agitação das partículas é menor. As informações novas apresentadas sobre o conceito foram relacionadas a mudança em outras propriedades (apenas brevemente conceituadas) do sistema analisado, como o volume, a pressão e a cor do brilho de um objeto.

Voltando à descrição das estrelas, descrevi a fase de acreção em que estrelas em formação continuam a aumentar de massa. A figura do *slide* representado na Figura 17 ilustrava

o fim dessa fase quando a estrela atinge o equilíbrio hidrostático em que a pressão e a troca de energia térmica na forma de calor entram em equilíbrio com a ação da gravidade. Algumas alunas demonstraram incredulidade e expressaram a concepção de que não havia gravidade no espaço e expliquei que a ação da gravidade é algo sempre presente quando tratamos com corpos massivos.



Figura 17 – Equilíbrio hidrostático

Por último, aproveitando a primeira aparição da palavra calor em um dos *slides*, este conceito foi definido como o processo de troca de energia térmica que ocorre em corpos de diferentes temperaturas, do mais quente para o mais frio. A mesma aluna que diferenciou astrologia e astronomia demonstrou ter dúvidas se esse sentido era único mesmo quando o objeto está em frio extremo (perguntando “o frio não passaria para o objeto quente?”). Foi esclarecido que não, que o sentido é único e que não é o “frio” ou a “quentura” que foram transferidos, mas sim a energia térmica na forma de calor, algo mais próximo a um processo, a uma energia em trânsito.

O ponto de encerramento da aula foi a diferenciação “CALOR  $\neq$  TEMPERATURA”.

Os últimos minutos do período foram utilizados para a entrega da lista de exercícios e de um material de leitura. Solicitei aos estudantes que eles se comprometam em carregar e utilizar o livro didático, pois ele também seria importante para o andamento das aulas.

Minhas impressões sobre minha primeira aula de estágio foram divididas. Apesar de ter conseguido prestar atenção às respostas dos estudantes, meu nervosismo e ansiedade me impediram de prestar mais atenção ao comportamento da turma como um todo. Quando eu voltava a atenção para um grupo de estudantes, dificilmente notava se estava conseguindo engajar a turma como um todo. Apesar disso, como as perguntas e as respostas vieram de vários cantos diferentes da sala de aula, tive como positivo o engajamento dos alunos.

Tive dificuldade de identificar a clareza das minhas explicações e respostas à turma, algo que já esperava e que foi o motivo pelo qual cogitei perguntar aos estudantes se aceitariam que eu gravasse um áudio da aula, ideia da qual acabei desistindo nos minutos iniciais do período. Mesmo com essa dificuldade, não notei muitas expressões de dúvida ou perguntas completamente fora de sintonia com os assuntos tratados o que interpretei como sinal de um mínimo de clareza e organização da minha apresentação oral.

Outra dificuldade presente foi a de controlar os tempos de cada momento da aula e o tempo dos dois períodos como um todo. Ao perceber que havia terminado de dizer tudo o que havia planejado antes das 9h30min, acabei repetindo detalhes e me alongando um pouco com a entrega das listas de exercícios e materiais de leitura. Para as futuras aulas, se fez necessário de minha parte um melhor controle dos horários.

## **4.2. Segunda Aula**

Data: 19/10/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 7h30min às 8h30min (uma hora-aula)

Número de estudantes presentes: 22

### **4.2.1. Plano de Aula**

**Conteúdo:** Equilíbrio térmico e escalas termométricas.

**Objetivos de ensino:** Reforçar os conceitos de temperatura e calor. Apresentar métodos de medição de temperatura, construindo a conexão entre esta medida e a cor das estrelas. Definir o conceito de equilíbrio térmico.

**Procedimentos:** Exposição dialogada baseada na apresentação de *slides*. Demonstração experimental.

**Recursos:** Computador e projetor de *slides*.

**Atividade inicial** (20 minutos):

- Revisão da resposta à questão norteadora e das principais informações da aula anterior (energia, temperatura e calor) através de uma atividade experimental com a construção de um termoscópio caseiro que também servirá como introdução dos novos assuntos, como equilíbrio térmico e medição de temperatura que serão tratados logo em seguida.

- Apresentação da questão norteadora da aula, “as estrelas possuem cores?”.

**Desenvolvimento** (20 minutos):

- Explicação do fenômeno observado na demonstração experimental e para comparar ao funcionamento de termômetros. Será exposto que, para funcionar, o termômetro precisa ser colocado em equilíbrio térmico com o ambiente e, posteriormente, com o objeto que se pretende medir a temperatura. O equilíbrio térmico será descrito como o fenômeno que ocorre quando dois objetos com temperaturas diferentes são colocados em contato e ficam com temperaturas iguais.

- Atividade experimental em que serão realizadas “medidas de temperatura pelo tato”. Neste momento, os estudantes deverão responder o que “está mais frio”: a parte metálica de suas classes ou a parte de madeira. Os estudantes deverão descrever a sensação térmica (quente, frio, morno, temperatura ambiente etc.) obtida ao tocar esses objetos.

**Fechamento** (20 minutos):

- Explicação sobre as escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit de temperatura e a utilidade no desenvolvimento de escalas termométricas. Será explicado, também, como converter os valores de uma escala para a outra. Resolução coletiva de exercícios sobre a conversão de escalas de temperatura.

- Entrega do material de leitura para as próximas aulas.

#### **4.2.2. Relato de Regência**

A Segunda Aula como foi planejada inicialmente e como foi apresentada aos alunos no dia 5 de outubro precisou ser alterada, pois a Escola me informou que apenas o primeiro período da manhã estaria disponível para a aula já que uma atividade para toda a comunidade discente nos segundo e terceiro períodos. Como compensação, consegui mais um encontro de dois períodos na semana seguinte para continuar os assuntos originalmente propostos, que agora seriam divididos entre a Segunda Aula e Terceira Aula.

A aula do dia 19 de outubro iniciou às 7h35min para que o maior número possível de estudantes já estivesse em sala.

Os primeiros minutos do período foram utilizados para revisar a aula passada e a resposta da questão norteadora anterior.

A aula começou com a apresentação da questão “As estrelas possuem cores?” ilustrada por uma fotografia de um artigo do *site* da NASA a qual eu adaptei, tornando metade da imagem preto-e-branca e metade mantendo colorida (ver Figura 18). Dessa vez, os estudantes pareceram comprometidos em tentar responder à pergunta sobre o que vemos quando observamos o céu

noturno e um deles lembrou do exemplo que eu havia dito sobre um dos poucos pontos com coloração que vemos frequentemente no céu, Marte, não ser uma estrela.

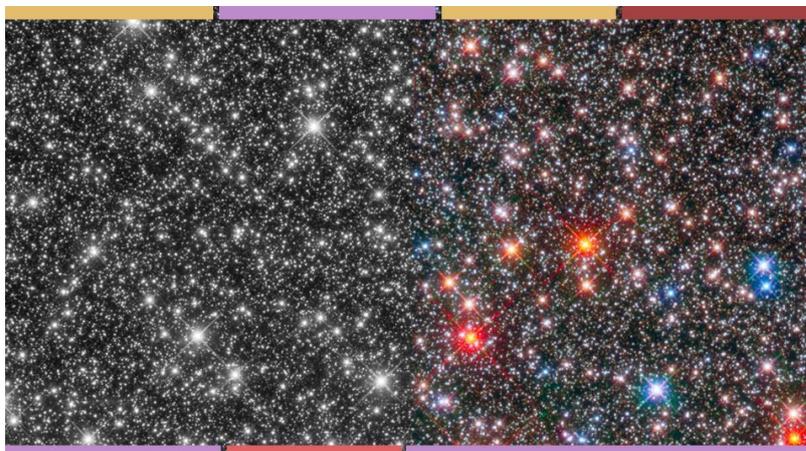


Figura 18 – "As estrelas possuem cores?"

Como essa aula sofreria um pequeno desvio entre responder à questão e continuar a discussão sobre conceitos da Termodinâmica, adiantei sem muitos detalhes que a investigação sobre temperatura e seus instrumentos de medida poderia nos indicar a resposta e, portanto, a turma deveria relevar a desconexão inicial entre os exemplos do primeiro período da aula e a questão norteadora.

A seguir, dando continuidade ao estudo do conceito de temperatura, apresentei à turma um termoscópio caseiro e seu funcionamento, enfatizando que a diferença entre este objeto e um termômetro é que o termoscópio mostra apenas se há ou não aumento de temperatura, sem quantificar essa variação. Os estudantes se empolgaram e se engajaram bastante com a demonstração; o termoscópio passou de mão em mão pela turma e todos pareceram interessados em ver o álcool colorido subir pela mangueira curta que eu encaixei na tampa de uma garrafa *pet*.

Através do funcionamento do termoscópio, introduzi o conceito de equilíbrio térmico, descrevendo-o como o resultado final de manter a mão em contato com a superfície da garrafa próxima ao álcool (ou mais acima, próxima ao ar dentro da garrafa) e, então, termos os dois corpos a uma mesma temperatura. Relembrei também que o aumento de temperatura é responsável por variar outras propriedades físicas como o volume de uma substância (no caso, o ar ou o álcool).

Para encaminhar a aula para o estudo do funcionamento de um termômetro, aponte novamente à turma que a diferença mais visível entre um termoscópio e um termômetro é que o último possui uma escala que quantifica a variação de temperatura, uma escala que associa

intervalos de distância a unidades de aumento de temperatura: uma escala termométrica. Foi explicado também que para um funcionamento pleno, o termômetro passa por duas situações de equilíbrio térmico: inicialmente, com o ambiente em que se encontra e, posteriormente, com o objeto que se deseja saber a temperatura.

Nesse momento da aula, eu adiantei um pouco a ideia de que um termômetro não mede, de fato, a temperatura de um objeto, mas sim a sua própria temperatura e percebi que causou certa confusão entre os estudantes.

Antes de continuar o estudo sobre o funcionamento de um termômetro, foi realizada uma atividade simples de medida de temperatura pelo tato para levantar a discussão sobre o porquê de não se considerar o corpo humano como um instrumento preciso de medida de temperatura.

Nesse momento da aula, querendo dar maiores explicações a diferença de sensações ao toque, adiantei uma explicação curta sobre o conceito de calor específico. Percebi que não os convenceu muito e parei tão logo pude com a explicação e tentei convencê-los que o importante era perceber a real utilidade de um instrumento de medida que utiliza de uma escala termométrica confiável.

A partir daí, comecei a descrever em detalhes as duas escalas termométricas que considerei mais importante apresentar aos estudantes: as escalas Celsius e Kelvin. Destaquei dois pontos principais de cada uma das escalas: para Celsius, a fusão da água ( $0^{\circ}\text{C}$ ) e a ebulição da água ao nível do mar ( $100^{\circ}\text{C}$ ) e para a escala Kelvin, a ausência de agitação das moléculas ( $0\text{ K}$ ) e o ponto triplo da água ( $273,15\text{ K}$ ). Foi comentado sobre a escala Fahrenheit, mas não dei muita ênfase e a descrevi apenas como “uma escala utilizada em alguns países de língua inglesa”.

Os momentos finais da aula foram utilizados para explicar a conversão entre os valores de uma escala e apresentar a resolução de um exercício sobre o assunto (ver Figura 19).

**Exercício:** Uma astrônoma norte-americana trabalha na NASA monitorando a temperatura da superfície do Sol. Seu trabalho é feito todo na escala Fahrenheit, mas, para a divulgação de suas medidas, ela precisa converter seus dados para a escala Kelvin. Suas últimas medidas foram focadas nas manchas solares que apresentaram uma diferença de  $3177^{\circ}\text{F}$  em relação à temperatura média do resto da superfície solar que é de  $9941^{\circ}\text{F}$ . Desta forma, na escala Kelvin, a diferença de temperatura entre a mancha solar e a superfície solar é...

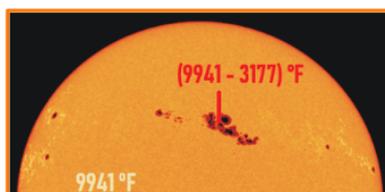


Figura 19 – Exercício sobre escalas termométricas

Como encerramento, após o exercício, listei para os estudantes algumas considerações importante sobre o funcionamento de um termômetro: que eles na verdade medem suas próprias temperaturas; que quando usamos um termômetro devemos esperar que ele entre em equilíbrio térmico com o nosso corpo para depois podermos afirmar algo sobre a nossa temperatura e, por último, que se o termômetro estiver muito distante de qualquer fonte de energia térmica OU se estiver sem partículas ao seu redor OU se as partículas ao seu redor tiverem agitação quase nula, a temperatura será muito próxima do zero absoluto (zero Kelvin ou  $-273$  graus Celsius).

Refletindo sobre o momento em que comentei que um termômetro não mede de fato a temperatura de um corpo, mas sim a sua própria temperatura, percebi que a confusão foi justificada, pois além de ainda não ter apresentado com detalhes a ideia de inferir a temperatura de um corpo pelo fato de estar em equilíbrio térmico com outro, acabei adiantando uma explicação que deveria estar apenas no fim da aula ou ainda apenas na aula seguinte. Não creio ter sido a causa de um grande conflito cognitivo sem explicação, mas se fez necessário um maior cuidado de minha parte quanto a adiantar explicações sem alguma reflexão anterior.

A atividade de medidas de temperatura pelo tato, excetuando o fato de que a superfície de madeira causava a impressão de estar mais fria do que a superfície de metal (o que imaginei que seria ao contrário), ocorreu tranquilamente e os estudantes compreenderam seu objetivo, algo que era uma das minhas preocupações antes da aula.

Sobre meu controle da duração do período: eu obtive maior sucesso em controlar os tempos de cada parte da minha fala, mas é possível que tenha sido apenas porque a aula fosse de uma hora e não duas, como a anterior.

Sobre o exercício resolvido, percebi que perdi um pouco a conexão dos estudantes com a aula. Acredito não ter explicado de forma convincente a resolução da questão e acredito também que os valores relativamente altos de temperatura (em milhares) e as operações matemáticas necessárias distanciaram a turma de um engajamento com o exercício. Tentei convencê-los de que se entendessem o raciocínio por trás do enunciado, eles poderiam resolver facilmente o exercício da lista de exercícios entregue que trata do mesmo assunto, porém acredito que o próprio enunciado tinha seus problemas. Acredito que a contextualização e problematização envolvendo a astronomia inebriou o objetivo prático da questão.

### **4.3. Terceira Aula**

Data: 24/10/2018

Turma: 202    Ano: 2º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 22

#### 4.3.1. Plano de Aula

**Conteúdo:** Lei Zero da Termodinâmica e mudanças de estado físico.

**Objetivos de ensino:** Reforçar o conceito de equilíbrio térmico e apresentar a Lei Zero da Termodinâmica. Apresentar variações de estado físico. Finalizar a conexão entre medida de temperatura e a cor das estrelas.

**Procedimentos:** Exposição dialogada baseada na apresentação de *slides*. Instrução pelos Pares. Demonstração experimental.

**Recursos:** Computador e projetor de *slides*. Para a atividade de IpC, cartões (*plickers*) e telefone celular para o registro.

**Atividade inicial** (10 minutos):

- Revisitar a questão norteadora, “as estrelas possuem cores?” e as principais informações da aula anterior (medidas de temperatura e equilíbrio térmico). Refazer o exercício de conversão de escalas de temperatura.

**Desenvolvimento** (70 minutos):

- Exposição do enunciado da Lei Zero da Termodinâmica acompanhada de uma descrição detalhada de um processo de troca de energia na forma de calor no preparo de um molho branco. Nesse momento, assim como na aula anterior, será destacado como o aumento de temperatura pode alterar outras propriedades físicas de um objeto, fato que será essencial para a resposta à questão norteadora.

- Apresentação de uma (ou mais, se necessário) questão conceitual sobre a Lei Zero da Termodinâmica aplicando o método de Instrução pelos Colegas.

- Responder à questão norteadora da aula explicitamente destacando que objetos com temperaturas elevadas podem apresentar cores diversas. Independente da composição do objeto, pode-se determinar a temperatura pela cor de seu brilho, pois quando a temperatura aumenta, algumas outras grandezas físicas podem se alterar (como a cor e o volume) e as estrelas obedecem a mesma regra.

**Fechamento** (30 minutos):

- Apresentar, se possível, dois vídeos curtos, um sobre a escala de tamanho e cores de diversas estrelas<sup>5</sup> e o outro sobre a construção de uma lâmpada caseira<sup>6</sup> (no qual o grafite apresenta um brilho alaranjado ao ser esquentado), para complementar a resposta. Encerrar a discussão sobre medidas e escalas de temperatura, equilíbrio térmico e Lei Zero. Entregar material de leitura para atividade da aula seguinte.

- Apresentar mais uma propriedade física que pode variar por causa de variação da temperatura: os estados da matéria, expondo de forma conceitual os conceitos de calor específico e calor latente.

- Resolução coletiva de exercícios sobre os conteúdos abordados.

#### **4.3.2. Relato de Regência**

A aula iniciou às 7h45min, pois foi necessário conseguir uma chave do cadeado da sala com o vice-diretor e para, posteriormente, ligar o computador da sala.

Os primeiros minutos do período foram utilizados para revisar conceitos da aula anterior destacando-se que dois corpos estão em equilíbrio térmico quando estão com temperaturas iguais e que essa temperatura de dois corpos em equilíbrio térmico é chamada de temperatura equilíbrio. Também usei esse momento inicial para novamente resolver o exercício do final da aula anterior.

Em seguida, foi lembrado que a presente aula era uma continuação direta da anterior e, portanto, a questão norteadora ainda era a mesma. Além disso, foi lembrado que boa parte da aula passada foi utilizada para estudar instrumentos de medidas de temperatura, como o termômetro, e que na Terceira Aula estudaríamos a lei da Termodinâmica cujo enunciado relaciona o comportamento de dois corpos ao equilíbrio térmico e o que podemos inferir sobre um terceiro que está na mesma situação.

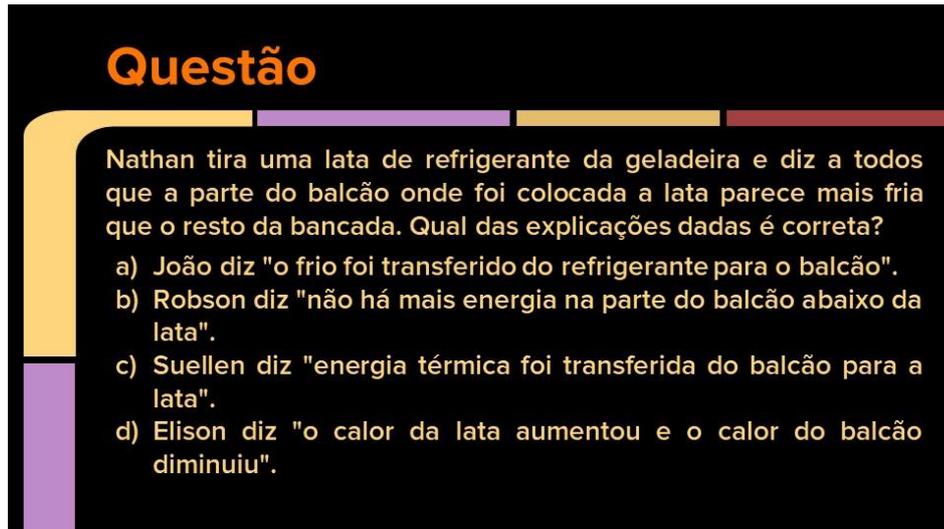
A análise do enunciado da Lei Zero da Termodinâmica foi construída baseada em um exercício mental sobre o preparo de um molho branco dividido em duas partes: o que aconteceria com um misturador de metal que fosse esquecido dentro da panela com o molho e o que poderíamos afirmar sobre uma porção de água que foi aquecida em paralelo ao molho e, ao ser medida sua temperatura, apresentava os mesmos 102 °C do molho.

A partir daí a aula foi focada em uma atividade de Instrução pelos Colegas cuja primeira questão apresentada está representada pela Figura 20.

---

<sup>5</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HEeh1BH34Q>

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=n4qbPLCiZCc>



**Questão**

Nathan tira uma lata de refrigerante da geladeira e diz a todos que a parte do balcão onde foi colocada a lata parece mais fria que o resto da bancada. Qual das explicações dadas é correta?

- a) João diz "o frio foi transferido do refrigerante para o balcão".
- b) Robson diz "não há mais energia na parte do balcão abaixo da lata".
- c) Suellen diz "energia térmica foi transferida do balcão para a lata".
- d) Elison diz "o calor da lata aumentou e o calor do balcão diminuiu".

*Figura 20 – Questão conceitual I*

Na primeira votação, as respostas se distribuíram entre todas as alternativas, mas um número um pouco maior na alternativa d. Ao ver esse resultado, acabei comentando com a turma sobre a alternativa mais marcada, o que pode ter influenciado as discussões a seguir.

Durante as discussões entre os estudantes, percebi que a grande maioria parecia já ter ancorado de forma razoável as diferenças entre os conceitos de temperatura e energia térmica na forma de calor, mas ainda não haviam conseguido se distanciar da concepção alternativa de calor como uma propriedade dos corpos. Eles pareciam entender que há transferência de energia na forma de calor quando há diferença de temperatura, mas ao mesmo tempo ainda não se desfizeram da ideia de calor como um tipo de fluido existente nos sistemas estudados.

Os estudantes que já haviam compreendido melhor e haviam marcado a opção correta (alternativa c), convenceram facilmente seus colegas que votaram em outras alternativas, pois estes não haviam desenvolvido justificativas muito fortes para suas escolhas e conseguiam entender como verdadeiro os argumentos dos colegas que marcaram a alternativa c em relação aos assuntos da aula.

Alguns grupos interagiram bem mais que outros e foi bastante difícil animar os estudantes que não realizaram grandes debates ou que nem se comunicaram com outros colegas (este último foi apenas um caso, um estudante sentado bem ao centro da sala o qual não consegui convencer a interagir com outros).

A segunda questão apresentada está representada na Figura 21.

**Questão**

(UFP-RS) Considere as afirmações a seguir:

- I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
- II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
- III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
- IV. Calor é uma forma de energia em trânsito.

Das afirmações acima, pode-se dizer que:

|                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| a) I, II, III e IV são corretas | b) I, II, III são corretas |
| c) I, II e IV são corretas      | d) II e IV são corretas    |

*Figura 21 – Questão conceitual II*

Para esta questão, as respostas foram quase igualmente distribuídas entre as alternativas.

Ao passar nos grupos para observar um pouco das discussões, percebi que muitos perceberam o caráter eliminatório entre as afirmações I e II e entre as afirmações III e IV, mas percebi também que mesmo assim ainda se confundiam pela concepção de calor como propriedade de um corpo.

A grande maioria dos estudantes concordava que a afirmação IV era verdadeira e lembravam bem dessa definição vista nas aulas anteriores, mas mesmo assim alguns deles não percebiam a afirmação I ou III como particularmente erradas.

Apesar das dificuldades supracitadas, as discussões que presenciei entre os estudantes soaram bastante frutíferas e, ao realizar as segundas votações de cada questão, os estudantes realmente convergiram para as respostas corretas.

Depois disso, a aula voltou a se focar na resposta à questão norteadora através de outro instrumento de medida de temperatura, o pirômetro, e no conceito da análise de temperatura de um sistema através das características do brilho apresentado.

Expliquei, então, que objetos com temperaturas elevadas como as estrelas apresentam diferentes cores de brilho. Justifiquei também que é possível determinar a temperatura de qualquer objeto pela cor de seu brilho, pois quando a temperatura aumenta, algumas outras grandezas físicas podem se alterar como o volume e a cor e que as estrelas obedecem a mesma regra.

Alguns minutos antes da aula iniciar, decidi que faria a exibição planejada de apenas um dos vídeos, aquele em que são comparados os tamanhos e cores de diversas estrelas<sup>7</sup>, pois tive uma preocupação repentina com as mudanças de última hora. Preocupei-me com ter planejado uma discussão final que pudesse ficar de fora e escolhi eliminar um dos vídeos, que já eram opcionais desde o planejamento, da programação.

Para finalizar a aula, foi apresentada a discussão sobre outra propriedade de um sistema, além de seu brilho, que poderia variar com o aumento de temperatura: o estado físico. Foram expostas definições simples para os três estados físicos da matéria e também para o plasma (para que houvesse a conexão com o estado físico de uma estrela).

Para lidar com as mudanças de estado, foram apresentados também os conceitos de calor específico e calor latente de forma bastante conceitual, sem nenhuma fórmula, apenas para auxiliar a análise de um gráfico de temperatura por quantidade de calor.

Nessa parte final da aula, houve participações interessantes dos estudantes dando exemplos e questionando sobre as mudanças de fase, apesar de as últimas figuras apresentadas que serviam de base para a discussão estarem com uma baixa resolução para a capacidade do projetor de *slides* da sala.

Refletindo sobre o início da aula e a minha tentativa de retomar o exercício proposto no fim da aula passada, com um enunciado um pouco mais direcionado e com valores numéricos um pouco diferentes para que não chamasse tanto a atenção, acredito ter confundido ainda mais os estudantes. Eu havia preparado uma resolução escrita para que pudesse apenas transcrevê-la para o quadro branco, mas percebi que acabei não atualizando corretamente os valores numéricos na minha escrita pelo pouco tempo que tive para reorganizar a Segunda Aula e Terceira Aula e errei pelo menos três operações matemáticas realizadas no quadro, alguns dos erros apontados pelos próprios estudantes. Reconciliando com a reflexão sobre o fim da aula passada, acredito que as dificuldades envolveram mais o fato de não aproveitar bem a problematização do exercício do que simplesmente essa problematização inebriar o objeto prático do exercício.

A atividade de IpC, em termos de engajamento e empolgação dos estudantes, foi razoavelmente eficiente, apesar de apenas um ou dois terem se levantado de suas classes para discutir com colegas. Mesmo assim, houve, notoriamente, discussão sobre as duas questões apresentadas entre os grupos formados normalmente pelos estudantes. Uma dificuldade que tive com a atividade foi manter a sincronização no momento das votações, apesar de eu ter

---

<sup>7</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HEeh1BH34Q>

estabelecido uma contagem para sinalizar o início, alguns estudantes não levantavam o cartão e alguns pareciam nem estar atentos à realização da atividade.

#### 4.4. Quarta Aula

Data: 26/10/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 22

##### 4.4.1. Plano de Aula

**Conteúdo:** Dilatação térmica e processos de propagação de energia térmica.

**Objetivos de ensino:** Reforçar os conceitos de energia térmica, temperatura, calor e equilíbrio térmico. Apresentar tipos de dilatação devidos ao aumento de temperatura em sólidos e gases. Apresentar os conceitos de condução, convecção e radiação.

**Procedimentos:** Exposição dialogada baseada na apresentação de *slides*. Instrução pelos Pares. Demonstração experimental.

**Recursos:** Computador e projetor de *slides*.

**Atividade inicial** (10 minutos):

- Revisão da resposta à questão norteadora anterior e das principais informações da última aula (equilíbrio térmico e Lei Zero da Termodinâmica).
- Apresentação da questão norteadora, “como a energia do Sol chega à Terra?”, complementada por uma revisão do conceito de energia térmica e calor.

**Desenvolvimento** (80 minutos):

- Explicação do processo de geração de energia no interior do Sol apresentando uma estrela como fonte de energia térmica por causa da fusão de hidrogênio em hélio.
- Discussão sobre o modo pelo qual a energia gerada no núcleo estelar chega até suas camadas mais externas.
- Exposição dialogada sobre os fenômenos de propagação de energia térmica, começando pela convecção, partindo para a condução e finalizando com a radiação.
- Discussão sobre redes de convecção, isolantes e condutores térmicos e sobre termografia.
- Responder à questão norteadora da aula explicitamente demonstrando que a irradiação é o processo de transferência de energia através de ondas eletromagnéticas no qual a

energia térmica pode se propagar pelo vácuo e que é através desse fenômeno que a energia produzida pelo Sol em seu núcleo é espalhada para todas as direções no espaço ocasionando em parte dela atingir a superfície da Terra.

**Fechamento** (30 minutos):

- Exposição dialogada para explicar os fenômenos de dilatação térmica em sólidos e em gases acompanhada de uma discussão sobre os processos de expansão/dilatação que podem levar o Sol a se tornar uma estrela supergigante vermelha.

- Resolução coletiva de exercícios sobre os conteúdos abordados.

#### **4.4.2. Relato de Regência**

A aula iniciou próxima às 7h40min, pois a sala regular da turma 202, sala 52, estava interditada e foi necessário nos deslocarmos para a sala vaga do mezanino da escola.

Os primeiros minutos do período foram utilizados para revisar conceitos relacionados a equilíbrio térmico, o enunciado da Lei Zero da Termodinâmica e a resposta da questão norteadora “As estrelas possuem cores?” através da afirmação “as estrelas são objetos luminosos que possuem temperaturas elevadas e apresentam brilhos de diferentes cores. A cor do brilho indicará a temperatura da superfície da estrela”.

A Quarta Aula começou de fato com a apresentação da nova questão norteadora, “como a energia do Sol chega à Terra?”, e, como a introdução, foram citadas algumas “barreiras” que essa energia gerada no núcleo da nossa estrela precisa “vencer” para chegar até a Terra. Nessa introdução, foram destacados a distância Sol-Terra e o vácuo do espaço (pouca densidade de partículas).

Para iniciar essa investigação, foi proposta a análise de um fenômeno, o vento solar, que foi discutido e apresentado como um possível indicador para a verdadeira resposta da questão.

O vento solar foi descrito como um fluxo contínuo de partículas vindo das camadas mais externas de uma estrela que, quando próximo à Terra, possui uma densidade de 10 partículas por  $\text{cm}^3$  e uma velocidade na faixa de 400 a 800 km/s.

Depois de descrito que os ventos solares possuem maior influência na propagação de ondas de rádio e no comportamento da atmosfera do que no fornecimento de energia, os estudantes demonstraram certa curiosidade em conhecer alguns outros fenômenos que poderiam estar relacionados aos ventos solares. Respondi, então, que fluxos de partículas, como

o dos ventos solares, são também responsáveis por fenômenos como a aurora boreal, sem avançar muito na descrição do exemplo.

Para iniciar, de fato, a investigação sobre a energia do Sol são revistos muito rapidamente dois conceitos importantes, energia e calor, agora acrescidos de informações as quais não foram destacadas fortemente, a unidade de energia (joule) e a letra para representar a quantidade de calor em equações ( $Q$ ).

A pergunta “como é gerada a energia do Sol?” é o primeiro assunto discutido, culminando na afirmação “no interior das estrelas ocorre a transformação do hidrogênio em hélio, um processo cujo resultado é muito energético”.

Depois disso, estabeleci como a energia do Sol sai de seu núcleo ou, mais especificamente, como é a estrutura interna, a “anatomia estelar”, pela qual essa energia precisa passar e, para tanto, apresentei duas imagens ilustrando as “zonas” do Sol (um exemplo da primeira delas se encontra na Figura 22), em destaque a zona radiativa e a zona convectiva, nomes os quais dão um pontapé inicial para o principal assunto da aula: processos de propagação de calor.

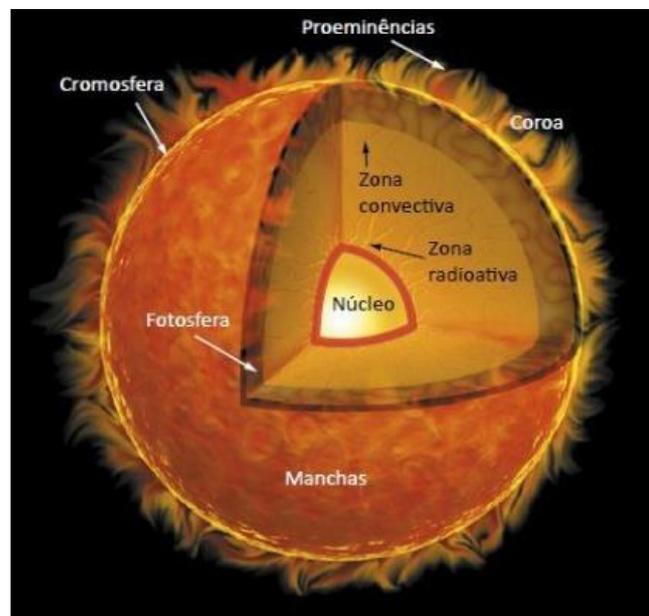


Figura 22 – Anatomia estelar

Fonte: <https://www.coladaweb.com/astronomia/sol>

A convecção térmica foi a primeira citada, aproveitando a conexão com o nome da camada do Sol intitulada a partir deste processo, e a apresentei como “transferência de energia através do transporte de matéria devido a uma variação de densidade e à ação da gravidade”.

Para dar certa continuidade às formas de propagação de energia térmica que envolvem meios materiais, expliquei a condução térmica como o processo de transferência de energia

através de um meio material, principalmente sólidos, no qual a energia térmica se propaga de partícula a partícula, sem transporte de matéria. O conceito de isolante térmico foi apresentado em seguida de modo complementar ao conceito de condução.

Por último, apresentei a radiação térmica, processo de transferência de energia através de ondas eletromagnéticas no qual a energia térmica pode se propagar pelo vácuo.

A discussão seguinte foi sobre como podemos enxergar e analisar as radiações que não podem ser detectadas pelos nossos olhos, apresentando exemplos de figuras termográficas (ver Figura 23).

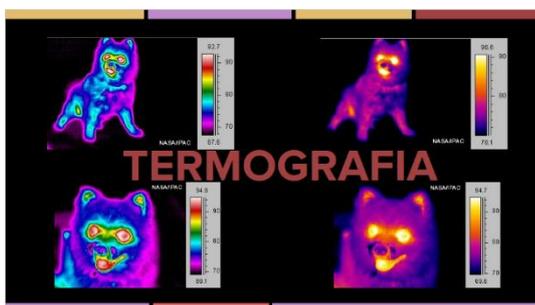


Figura 23 – Termografia

Fonte: [http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/image\\_galleries/ir\\_zoo/dog.html](http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/image_galleries/ir_zoo/dog.html)

Ao apresentar uma imagem que exemplificou os três processos supracitados, já estava ao alcance dos estudantes a ideia de que a única forma de propagação que vence as “barreiras” para a energia do Sol chegar à Terra era a radiação e, portanto, chegamos a uma resposta à questão norteadora da aula.

O último conteúdo da aula, dilatação térmica, foi conectado à questão norteadora questionando aos estudantes o que ocorria com a energia depois que ela chegava à Terra, mais especificamente como ela interagia com os objetos presentes na Terra, principalmente os sólidos. Mais uma conexão com as aulas foi restabelecida: a análise das propriedades físicas que se alteram com variações de temperatura.

Foram, em seguida, apresentadas as fórmulas que expressam aumento de comprimento, área ou volume por causa do aumento de temperatura e, além disso, foi resolvido um exercício no quadro com os estudantes sobre dilatação térmica em sólidos (ver Figura 24).

**Exercício:** Uma placa de metal é levada a um forno industrial e sofre uma variação de área ( $\Delta S$ ) de 3% no comprimento em relação à sua área inicial ( $S_0$ ). Sabe-se que tal placa se encontrava a uma temperatura inicial de 24 °C. Se o coeficiente linear do material da barra vale  $1,8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , determine a temperatura do forno.

Figura 24 – Exercício sobre dilatação térmica

Para finalizar a aula, destaquei algumas diferenças entre a dilatação de sólidos e a dilatação de gases, comentários que serviram de ponte para que o assunto voltasse para as estrelas e, então, expliquei os processos de dilatação pelos quais as camadas do Sol passarão até atingir a magnitude de uma supergigante vermelha.

Essa última discussão foi a que mais interessou os estudantes que, já engajados com o vídeo apresentado na aula passada sobre a relação entre as cores das estrelas e suas temperaturas, ficaram surpresos com esse conceito de expansão do Sol por dilatação, apesar de que alguns comentaram sobre já terem ouvido algo sobre o assunto. Um dos estudantes, quando o período havia se voltado para o momento semanal de foco na lista de exercícios, chegou a se levantar e fazer algumas perguntas mais específicas, como “e o sistema solar não seria engolido nessa expansão do Sol?”.

No geral, a aula transcorreu de modo tranquilo, apesar de eu ter percebido que a mudança de sala causou uma certa agitação nos estudantes, ou melhor, uma sensação entre eles de que estavam mais livres para interagirem entre si sobre assuntos não relacionados à aula. Tive essa sensação principalmente com a parte da turma que sentaram mais ao fundo da sala, consideravelmente mais estreita do que a sala regular e, portanto, muito mais comprida, o que os afastou bastante de mim.

#### **4.5. Quinta Aula**

Data: 09/11/2018

Turma: 202    Ano: 2°

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes: 26

##### **4.5.1. Plano de Aula**

**Conteúdo:** Primeira Lei da Termodinâmica.

**Objetivos de ensino:** Reforçar os conceitos de condução, convecção, radiação e dilatação térmica em sólidos. Apresentar a Primeira Lei da Termodinâmica e destacar seu caráter conservativo. Apresentar uma relação entre a variação de energia interna de uma estrela e a Primeira Lei.

**Procedimentos:** Exposição dialogada baseada na apresentação de *slides*.

**Recursos:** Computador e projetor de *slides*.

**Atividade inicial** (30 minutos):

- Revisão da resposta à questão norteadora anterior e das principais informações da última aula (dilatação térmica e processos de troca de energia térmica).

- Exposição dialogada para melhor especificar a relação entre constituição de um corpo ou objeto e seu brilho incandescente; tratando, agora, a cor do brilho como uma manifestação dos elementos químicos presentes no sistema observado.

- Apresentação da questão norteadora, “As estrelas são fábricas de elementos químicos?”, apontando a teoria do *Big Bang* como um tópico que pode orientar melhor a explicação a essa pergunta e que guiará a aula para uma discussão sobre a origem dos elementos químicos.

- Exibição de um vídeo de caráter introdutório e mais geral sobre o assunto da aula, “O *Big Bang* e as Joias do Infinito”<sup>8</sup>.

#### **Desenvolvimento** (60 minutos):

- Introdução à 1ª Lei da Termodinâmica através da conservação de energia, de sistema termodinâmico (fechado) e de trabalho e variação de energia interna de um sistema.

- Para tratar sobre a origem dos elementos químicos, será apresentado como a fusão de elementos mais simples para elementos mais complexos é um processo muito energético. Esta apresentação culminará em investigar melhor as estrelas como sistemas termodinâmicos. O instrumento principal dessa investigação será apresentar a Primeira Lei da Termodinâmica conforme o seguinte enunciado: “em um sistema isolado, a energia total permanece constante, portanto, a quantidade de calor (Q) fornecida ao sistema é igual ao trabalho realizado (W) somado à variação de energia interna ( $\Delta U$ )”, acompanhada da expressão  $Q = W + \Delta U$ .

- Análise de uma estrela como sistema termodinâmico simples através de um modelo em que iremos considerar que toda a energia ( $\Delta U$ ) que será fornecida para o núcleo da estrela gerar os elementos químicos virá do trabalho (W) realizado pela ação da gravidade sobre o astro.

#### **Fechamento** (30 minutos):

- Responder à questão norteadora da aula explicitamente demonstrando que o trabalho devido a ação da gravidade das camadas intermediárias e mais externas da estrela sobre o núcleo da estrela aumentam a energia interna ( $\Delta U$ ) de modo suficiente para que o núcleo gere os elementos químicos na variedade como os conhecemos.

- Exibição de um vídeo que trata de muitos dos assuntos da aula intitulado “*Rockstar* e a origem do metal”<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zBPJGqkwob4>

<sup>9</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wIEhSIt1oEI>

- Resolução coletiva de exercícios sobre os conteúdos abordados.

#### 4.5.2. Relato de Regência

A aula iniciou próxima às 7h40min, pois a sala regular da turma 202, sala 52, permanecia interditada e foi novamente necessário nos deslocarmos para a sala vaga do mezanino da escola.

Os primeiros minutos do período foram utilizados para fazer considerações importantes: lembrei as datas relacionadas a avaliações (23/11 para a prova e 30/11 para a entrega das resoluções da lista de exercícios). Revisei, também, conceitos apresentados na aula anterior, descrevendo brevemente os processos de propagação de energia térmica (condução, convecção e radiação) e as informações sobre dilatação térmica. A fim de auxiliar os estudantes com a resolução e uma melhor interpretação das questões da lista de exercícios, expliquei detalhadamente os cuidados que a turma precisa ter ao trabalhar com notação científica, algo que senti que fiquei em dúvida com eles simplesmente inserindo tal notação nas questões sem me preocupar se estavam plenamente familiarizados.

A Quinta Aula começou de fato com a apresentação da nova questão norteadora, “as estrelas são fábricas de elementos químicos?”. Apresentei, como introdução, a citação famosa de Carl Sagan de um dos episódios da série televisiva Cosmos: “Somos feitos de poeira das estrelas”.

Posteriormente, eu exibi novamente a imagem de parte de uma supernova em que são visíveis as diferentes cores para diferentes elementos químicos (ver Figura 25).



Figura 25 - "As estrelas são fábricas de elementos químicos?"

Fonte: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/hubble-zooms-in-on-shrapnel-from-an-exploded-star>

Com esse gancho, passei a explicar um dos tópicos os quais a astronomia se debruça: a origem dos elementos químicos, dos mais simples aos mais complexos.

Para iniciar a investigação, apresentei o princípio termodinâmico que usaria para analisar as estrelas de forma de a construir uma resposta para a questão: a Primeira Lei da Termodinâmica.

Antes de falar desse princípio, realizei quatro discussões introdutórias sobre os assuntos: conservação de energia, sistema termodinâmico, sistema fechado, trabalho e variação de energia interna de um sistema.

A turma já estava acostumada com o Princípio de Conservação de Energia, então, felizmente, essa discussão se desenrolou de forma que eu pude relacionar a fala com aulas dadas pelo Professor X com facilidade.

A parte mais importante da discussão sobre sistema termodinâmico foi a listagem das grandezas termodinâmicas as quais percebi que os estudantes ainda não haviam assimilado plenamente, pois hesitaram bastante em citá-las para mim. A continuação, sobre sistema fechado, foi baseada na exposição das imagens representadas na Figura 26.



Figura 26 – Sistema fechado

Fontes: <https://www.infoescola.com/fisica/refrigeracao/> e <https://youfqa.wordpress.com/2017/04/25/energia-fenomenos-termicos-e-radiacao/>

A última discussão foi a mais longa e envolveu, primeiramente, uma rápida revisão das definições de energia interna, explorada na Primeira Aula e de trabalho, explorado nas aulas do Professor X. Porém, na definição que apresentei, busquei destacar a relação transferência de energia e trabalho, afirmando que agora possuíamos dois modos de analisar energia transferida: trabalho e calor.

Para discutir o trabalho realizado sobre ou por um gás, mostrei à turma uma seringa simples de 10 ml, sem nada em seu interior, com o êmbolo localizado na medida de 5 ml.

Tapando a ponta da seringa, demonstrei como, depois eu empurrar o êmbolo diminuindo o volume de gás e em seguida soltá-lo, o êmbolo era pressionado de volta pelo gás até aproximadamente sua posição original.

A demonstração serviu para facilitar a discussão baseada na imagem do *slide* representado na Figura 27 em que reescrevi a definição conhecida de trabalho de forma a expressá-lo em função de grandezas termodinâmicas.

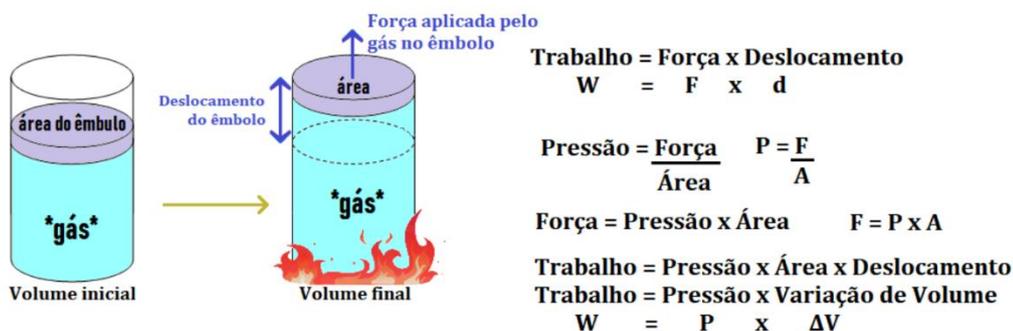


Figura 27 – Trabalho realizado por um gás

Entrelaçando todas as discussões introdutórias, finalmente apresentei a Primeira Lei da Termodinâmica afirmando que em um sistema fechado, a energia interna só pode variar ( $\Delta U$ ) se receber (ou fornecer) energia na forma de calor ( $Q$ ) e se realizar trabalho ( $W$ ). A partir dessa afirmação, passei, enfim, a um enunciado mais tradicional, “em um sistema fechado, a variação da energia interna ( $\Delta U$ ) é igual à soma entre a quantidade de calor recebido ( $Q$ ) pelo sistema e o trabalho realizado ( $W$ )”, o qual foi representado pela expressão  $\Delta U = Q + W$ .

Em seguida, foram estabelecidos os sinais para trabalho, quantidade de calor e variação de energia interna para diferentes situações (trabalho exercido pelo ou sobre o sistema, aquecimento ou resfriamento do sistema e aumento ou diminuição de temperatura).

A partir de então, passei a utilizar a transformação de hidrogênio em hélio, que já havia apresentado à turma, como mote da origem dos elementos químicos. Se no interior de uma estrela como o Sol ocorre a transformação de um elemento mais leve, o hidrogênio, em um elemento mais pesado e complexo, o hélio, talvez transformações similares, mas de diferentes elementos leves em diferentes pesados fossem comuns em outras estrelas. Porém, para isso, é necessário que os átomos ou moléculas do elemento mais leve (que compõem o sistema “núcleo da estrela”) estejam agitados, rápidos o suficiente (energia cinética) para se fundirem em novos elementos.

Baseado nisso, perguntei, então, à turma de onde vinha a energia necessária para que esse processo iniciasse. Os estudantes pareceram bastante confusos com a questão e deram respostas sem muita reflexão, como “a energia vem do calor” ou “a energia vem das

supernovas”. Aproveitei a resposta relacionada às supernovas para destacar que a ideia de que um fenômeno externo perturbando o sistema “núcleo da estrela” possuía sentido, mas que não era bem onde chegaríamos respondendo a essa pergunta.

Para responder fato à questão, propus um modelo simples no qual consideraríamos lentas as transformações sofridas pelas estrelas a ponto de podermos tratá-las como transformações sem troca de calor de modo que toda a energia ( $\Delta U$ ) fornecida para o núcleo transformar elementos químicos viria do trabalho das camadas ao redor devido à ação da gravidade. Tais considerações foram representadas do seguinte modo:

$$\Delta U = Q + W, Q = 0 \rightarrow \Delta U = W$$

Com esse modelo em mente, o aumento de energia interna necessário para o núcleo da estrela transformar elementos químicos leves em elementos pesados vem do trabalho devido à ação da gravidade.

Em seguida, foi proposta a resolução de um exercício para facilitar a compressão dos estudantes sobre como se relaciona o modelo proposto e a 1ª Lei da Termodinâmica (ver Figura 28).

**Exercício:** Considere que as camadas intermediárias de uma estrela realizam 400 J de trabalho sobre o núcleo em um processo sem troca de energia térmica na forma de calor com o meio exterior. Usando a 1ª Lei da Termodinâmica, quais os valores (incluindo sinais algébricos) de:

- a)  $W$
- b)  $Q$
- c)  $\Delta U$

Figura 28 – Exercício sobre a 1ª Lei da Termodinâmica

Nos momentos finais, houve uma discussão sobre como as camadas em que ocorrem a transformação dos elementos químicos acabam se externalizando, ocasionando em elementos mais pesados começarem a fazer parte da constituição da estrela. Essa discussão foi finalizada com a apresentação da “estrela de diamante” ou BPM 37093, uma anã branca composta por carbono cristalizado.

A exibição dos vídeos acabou ficando de fora da apresentação em sala de aula, mas os links do *Youtube* foram disponibilizados para os estudantes assistirem em casa.

Um dos meus maiores receios quanto à Quinta Aula era referente à apresentação do modelo para as transformações de elementos químicos no interior das estrelas. Temia que, ao

transpor didaticamente para a turma, eu acabasse fazendo simplificações demais. Fiz um grande esforço para manter o conteúdo e a explicação o mais conceitualmente correto possível dentro das minhas capacidades. Não consegui avaliar a internalização dos estudantes quanto a esse modelo ainda na Quinta Aula, mas em momentos posteriores, principalmente na Sexta Aula e na prova, haveria possibilidade para tal tarefa.

Outro receio de minha parte era de que, com um dos temas mais engajadores da unidade didática que possui citações a muitos assuntos interessantes (como *Big Bang*), o conteúdo de Termodinâmica e seu desenvolvimento ficassem comprometidos ou que parecessem grandes desvios de raciocínio para se chegar à resposta da questão norteadora. Algo parecido com o que senti durante a Segunda Aula e a Terceira Aula as quais, quando ainda eram um conjunto de duas horas-aula, eu já pensava que não eram apresentações muito objetivas.

Mesmo assim, em ambos os casos, senti que, na hora da aula mesmo, esses momentos de desenvolvimento específico do conteúdo termodinâmico engrandeciam o a chegada à resposta da questão, como um par de linhas que percorreram uma certa distância próximas uma da outra, mas em paralelo, e que finalmente conseguiram se cruzar e se entrelaçar.

#### **4.6. Sexta Aula**

Data: 14/11/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes:

##### **4.6.1. Plano de Aula**

**Conteúdo:** Transformações termodinâmicas, lei geral dos gases e teoria cinética dos gases.

**Objetivos de ensino:** Diferenciar as mudanças sofridas por gases quando são variadas quantidades tais como pressão, volume e temperatura. Apresentar a Lei Geral dos Gases. Apresentar transformações de estado baseado no comportamento de uma estrela cefeida. Conscientizar estudantes sobre a diversidade de pessoas envolvidas no desenvolvimento de áreas da ciência como a astronomia.

**Procedimentos:** Exposição dialogada baseada na apresentação de *slides*. Demonstração experimental.

**Recursos:** Computador e projetor de *slides*.

**Atividade inicial** (15 minutos):

- Revisão da resposta à questão norteadora anterior e das principais informações da última aula (dilatação térmica e processos de troca de energia).

- Apresentação da questão norteadora “O que são estrelas cefeidas?”.

**Desenvolvimento** (70 minutos):

- Exposição dialogada sobre as características que podem ser analisadas nos gases (pressão, volume e temperatura) para melhor explicar fenômenos termodinâmicos. Pressão e volume serão apresentados pela primeira vez nesta unidade didática de modo sintético e conciso, sendo relacionados diretamente ao comportamento de gases, e o conceito de temperatura será novamente revisitado.

- Exibição de uma simulação computacional intitulada “Propriedades dos gases” .

- Apresentação sobre transformações termodinâmicas usando como base um modelo simplificado do comportamento das estrelas cefeidas que serão descritas como estrelas supergigantes que pulsam (possuem brilho variável) de forma regular em períodos entre um e 100 dias. O modelo será descrito como uma idealização teórica simples, porém capaz de nos fornecer descrições suficientes para responder a questão norteadora.

**Fechamento** (35 minutos):

- Responder à questão norteadora da aula explicitamente destacando que estrelas cefeidas são aquelas que possuem brilho variável porque sofrem transformações de estado comuns a todas as estrelas, porém de modo bem mais frequente, regular e em quatro etapas propostas (modelo simplificado para análise da camada ao redor do núcleo). Na primeira, a camada de hélio recebe energia do núcleo da estrela por radiação, aumenta a temperatura e pressão, mas mantendo o volume constante desta camada (transformação isométrica). Na segunda etapa, essa camada atinge uma pressão suficiente para vencer a pressão das camadas mais externas. Assim, ela expande, aumentando seu volume e temperatura, mas mantendo sua pressão constante (transformação isobárica). Na terceira etapa, a camada deixa de expandir, pois seus gases deixam de absorver energia do núcleo e o volume se manterá inalterado, mas diminuirá a pressão e temperatura (transformação isométrica). Na quarta etapa, após esfriar, essa camada começa a ser comprimida pelas camadas mais externas e a temperatura começará a aumentar, o volume diminuirá, mas a pressão permanecerá constante (transformação isobárica).

- Divulgação do projeto “Meninas na Ciência” após uma explicação sobre a importância das estrelas cefeidas para os padrões de medidas de distância no Universo devido

a relação período-luminosidade elaborada inicialmente pela astrônoma Henrietta Swan Leavitt e após um debate sobre o papel histórico da mulher na ciência.

#### 4.6.2. Relato de Regência

A aula iniciou próximo às 7h40min na sala de aula regular da turma 202 sem o momento inicial de revisão comum a todas as outras aulas. Reavaliando meu planejamento, preferi aproveitar melhor o tempo dos dois períodos exclusivamente para explorar o conteúdo da Aula 6 e sua questão norteadora, “o que são estrelas cefeidas?” e as resoluções de exercícios que separei para trabalhar com a turma.

Para iniciar a investigação, eu apresentei uma descrição bem simples do diferencial entre uma estrela cefeida e outras estrelas, descrevendo-as como gigantes amarelas que apresentam brilho variável de forma que seu período de oscilação varia de 1 a 100 dias.

Ainda buscando diferenciá-las de outras estrelas, expus uma imagem comparando o tamanho de uma estrela cefeida, a Capella Aa, descrevendo-a como parte de uma constelação composta por outras estrelas intituladas “Capella”, em relação ao tamanho do Sol, a nossa estrela (ver Figura 29).



Figura 29 – “O que são estrelas cefeidas?”  
Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Capella>

A partir desse momento, a aula se voltou para uma investigação aprofundada do porquê estrelas cefeidas apresentarem brilho variável. Para tanto, foram revisadas as e fortemente enfatizadas as grandezas que utilizamos durante as aulas para analisar sistemas termodinâmicos: pressão, volume e temperatura.

Dando continuidade, foi demonstrado que entre essas três grandezas existem relações de proporcionalidade através da utilização de simulação intitulada “Propriedades dos Gases”<sup>10</sup>.

Nessa apresentação, busquei utilizar preceitos do método POE para que o uso da simulação fosse mais investigativo. Portanto, descrevi com cuidado os detalhes do sistema analisado e solicitei aos estudantes que fizessem previsões sobre as transformações que o sistema iria sofrer em termos do comportamento de duas das grandezas termodinâmicas quando uma terceira delas era variada através dos controles da simulação (o que iria acontecer com temperatura e pressão quando eu variasse a temperatura, por exemplo).

Os estudantes não se manifestaram muito nesse momento de previsões, apenas quando relembrei da aula anterior e citei a “transformação sem troca de energia na forma de calor” é que a turma pareceu entender melhor o objetivo da atividade.

Durante a observação, os estudantes já estavam mais ativos e, com muitas participações da turma como um todo, me ajudaram a descrever como as grandezas termodinâmicas estavam se comportando. Nenhuma transformação termodinâmica foi descrita por seu nome ainda nesse momento.

Depois de estabelecer as relações de proporcionalidade entre as grandezas termodinâmicas, comecei a explicar a relação entre o estado inicial de um sistema e os diferentes estados finais que pode se chegar alterando essas propriedades.

A Lei Geral dos Gases foi apresentada em um passo-a-passo de forma a primeiro estabelecer a relação supracitada de proporcionalidade como “o produto da pressão pelo volume dividido pela temperatura é sempre um valor constante”.

$$\frac{PV}{T} = nR$$

A constante foi descrita em seguida, como o produto do n número de mols da substância do sistema analisado e R a Constante Universal dos Gases. Por último, já definido que o produto da pressão pelo volume dividido pela temperatura é constante, expliquei a expressão que explicita essa informação em termos de estado inicial e estado final:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Em seguida, foi proposta a resolução do primeiro exercício da Sexta Aula para ajudar os estudantes com a resolução da lista entregue para a turma (ver Figura 27).

---

<sup>10</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/gas-properties](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties)

**Exercício:** Suponha que o ar contido nos pulmões de um mergulhador não sofra variação significativa de temperatura e que se comporta como um gás ideal. Levando em conta que a pressão exercida por uma coluna de água de 10 m de altura equivale aproximadamente a 1 atm, e que o volume do ar contido nos pulmões é de 3,5 L, durante um mergulho de 15 m de profundidade, qual seria o volume que esse ar ocuparia ao nível do mar, se a estrutura óssea e muscular do tórax não oferecesse resistência?

Dado: pressão na superfície da água = 1 atm

*Figura 30 – Exercício sobre a Lei Geral dos Gases*

Depois disso, eu voltei para a Lei Geral dos Gases para tratar um pouco melhor sobre o n número de mols de uma substância, lembrando os estudantes que  $1 \text{ mol} = 6 \cdot 10^{23}$  moléculas = 600000000000000000000000 moléculas. Expliquei também que para descobrir a quantidade (de mols) de moléculas de um sistema (uma amostra de ar atmosférico, por exemplo) basta isolar n na expressão anterior apresentada de forma que:

$$n = \frac{PV}{TR}$$

Em seguida, foi proposta a resolução do segundo exercício da Sexta Aula para ajudar os estudantes com a resolução da lista entregue para a turma (ver Figura 31).

**Exercício:** Num dia em que a temperatura ambiente é de 18°C, um estudante coleta uma amostra do ar atmosférico a uma pressão de 1,2 atm em um frasco de 300 ml (0,3 L). Estime a ordem de grandeza do número total de moléculas desta amostra.

*Figura 31 – Exercício sobre o número de moléculas em uma amostra de ar atmosférico*

Após esse exercício, comecei a apresentar as transformações termodinâmicas já observadas na simulação de modo a analisa-las através da Lei Geral dos Gases e, em alguns casos, também através da Primeira Lei da Termodinâmica.

A primeira transformação descrita foi a transformação isovolumétrica: “um gás modifica sua pressão e temperatura SEM ALTERAR O SEU VOLUME”, destacando que a pressão do gás é proporcional a sua temperatura.

A segunda transformação descrita foi a transformação isobárica: “um gás modifica seu volume e temperatura SEM ALTERAR A SUA PRESSÃO”, destacando que o volume do gás é proporcional a sua temperatura.

A terceira transformação descrita foi a transformação isotérmica: “um gás modifica seu volume e pressão SEM ALTERAR A SUA TEMPERATURA”, destacando que a pressão do gás é inversamente proporcional ao seu volume.

A última transformação analisada foi a transformação adiabática: “um gás modifica sua pressão e temperatura e volume SEM RECEBER OU CEDER ENERGIA TÉRMICA NA FORMA DE CALOR”, destacando que essa foi a transformação considerada na aula anterior no estudo da Primeira Lei da Termodinâmica e da fusão de elementos químicos no interior das estrelas.

Em seguida, foi proposta a resolução do terceiro exercício da Sexta Aula para ajudar os estudantes com a resolução da lista entregue para a turma (ver Figura 32).

**Exercício: (UFRJ)** Considere certa massa de um gás ideal em equilíbrio termodinâmico. Numa primeira experiência, faz-se o gás sofrer uma expansão isotérmica durante a qual realiza um trabalho  $W$  e recebe 150J de calor do meio externo. Numa segunda experiência, faz-se o gás sofrer uma expansão adiabática, a partir das mesmas condições iniciais, durante a qual ele sofre o mesmo trabalho  $W$ . Calcule a variação de energia interna  $\Delta U$  do gás nessa expansão adiabática.

*Figura 32 – Exercício sobre variação de energia interna de um gás*

Calcule a variação de energia interna  $\Delta U$  do gás nessa expansão adiabática.

Ao final desse exercício, eu voltei a falar das estrelas cefeidas, causando certo estranhamento em alguns estudantes que já haviam desvinculado o conteúdo da aula com a contextualização de termodinâmica.

Finalizei a investigação sobre as estrelas cefeidas explicando elas possuem brilho variável porque sofrem transformações termodinâmicas comuns a todas as estrelas, porém de modo bem mais frequente, regular e em quatro etapas.

Na primeira, a camada de hélio ao redor núcleo recebe energia do interior do núcleo da estrela por radiação que aumenta a temperatura e pressão, mas mantém o volume desta camada constante (transformação isométrica). Na segunda, essa camada atinge uma pressão suficiente para vencer a pressão das camadas mais externas e, assim, ela expande, aumentando seu volume e temperatura, mas mantendo sua pressão constante (transformação isobárica). Na terceira, a camada deixa de expandir, pois seus gases deixam de absorver energia do núcleo e o volume se manterá inalterado, mas diminuirá a pressão e temperatura (transformação isométrica). Na última etapa, após esfriar, essa camada começa a ser comprimida pelas camadas mais externas e a temperatura começará a aumentar, o volume diminuirá, mas a pressão permanecerá constante (transformação isobárica).

A partir disso, comecei a falar um pouco mais do histórico das estrelas cefeidas, comentando sua utilidade para a medição de distâncias no Universo através da relação entre

período e luminosidade pela qual uma das responsáveis foi a astrônoma Henrietta Swan Leavitt. Essa breve contextualização histórica foi usada para discutir com a turma sobre o papel das mulheres na ciência, recomendar o filme “Estrelas Além do Tempo” e para divulgar o projeto Meninas na Ciência através de um vídeo.

A turma pareceu se empolgar bastante com os momentos finais da aula, tanto que quando disse a eles que eu havia trazido mais de um vídeo sobre o projeto, eles pediram para que o outro também fosse reproduzido, mesmo com o horário do segundo já quase terminando.

A Aula 6 era aquela com a qual eu mais me preocupei durante o planejamento. Apesar de eu ter tido o cuidado de diversificar as atividades da aula, com a apresentação de uma simulação baseada em preceitos do Método POE e com a resolução de diferentes tipos de exercícios, tinha o receio de que a exposição dialogada se tornasse maçante.

Acredito que em algum momento, a turma teve dificuldade de acompanhar o desvio de raciocínio que fiz entre expor a pergunta norteadora e responde-la usando conceitos termodinâmicos, mas consegui perceber que, ao mesmo tempo, esse desvio também causou um maior interesse nos estudantes quando voltei a falar de estrelas após descrever as transformações termodinâmicas pela primeira vez. Depois de lembrarem que a aula tinha alguma coisa a ver com astronomia, eles ficaram empolgados em conectar o assunto com o contexto.

Consegui melhorar bastante meus cuidados ao resolver exercícios no quadro diante da turma. Essa era uma preocupação grande, já que nas últimas aulas eu não havia conseguido fazer nenhuma resolução sem algum contratempo. Felizmente, na Aula 6, superei isso e dessa vez os três exercícios foram feitos sem muita confusão na minha exposição oral e sem erros matemáticos.

#### **4.7. Sétima Aula**

Data: 23/11/2018

Turma: 202 Ano: 2º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes:

##### **4.7.1. Plano de Aula**

**Conteúdo:** Conceitos de energia, temperatura e calor. Escalas Termométricas e Equilíbrio Térmico. Lei Zero da Termodinâmica e Mudanças de Estado Físico. Dilatação

Térmica e Propagação de Energia Térmica. Primeira Lei da Termodinâmica e Transformações de Estado. Transformações de Estado e Teoria Cinética dos Gases.

**Objetivos de ensino:** Revisão dos conceitos mais importantes apresentados na presente unidade didática. Avaliação da aprendizagem dos conceitos trabalhados com os estudantes

**Procedimentos:** Exposição dialogada baseada na apresentação de *slides*. Uso de questões conceituais.

**Recursos:** Quadro branco, folhas impressas com as provas.

**Atividade inicial** (5 minutos):

- Explicação breve sobre o funcionamento da avaliação final.

**Desenvolvimento** (115 minutos):

- Revisão (de aproximadamente 25 minutos) dos conteúdos didáticos focando agora apenas nos assuntos termodinâmicos, sem revisitar as questões norteadoras sobre astronomia.

- Leitura coletiva (aproximadamente 10 minutos) de todos os enunciados para garantir que o texto esteja compreensível a todos.

- Resolução, por parte dos estudantes, das questões propostas na avaliação, que será individual, com a possibilidade de consulta ao material entregue ao fim de todas as aulas da presente unidade didática. Calculadora não será necessária.

**Fechamento:**

- Os estudantes estarão liberados após o término da avaliação (é necessária a permanência em sala de aula até o fim do período).

Avaliação: Prova individual, com a possibilidade de consulta. A nota da prova é o equivalente a  $\frac{1}{4}$  da nota total dos estudantes. Os outros critérios de avaliação serão: 1) a participação e engajamento nas atividades de Instrução pelos Pares e demonstrações experimentais e 2) entrega da resolução da lista de exercícios.

### 5.7.2. Relato de Regência

Durante os minutos iniciais da aula, as mesas foram organizadas de forma que houvesse uma classe de distância entre um estudante e seu colega mais próximo.

Como eu havia planejado alguns minutos para revisar os conteúdos com a turma, resolvi antes de falar qualquer coisa sobre a prova (ver Apêndice 4), perguntar se eles realmente gostariam dessa revisão ou se prefeririam o tempo integral dos dois períodos para realizar a prova. A turma pareceu dividida e, para não desagradar quem estava nervoso e preferiria já

começar com a prova, a revisão acabou sendo uma listagem bem rápida dos conteúdos vistos em cada aula com curtos comentários sobre as discussões realizadas. Essa revisão durou bem menos do que os 25 minutos que eu havia previsto no Plano de Aula.

Quando a turma já estava bem acomodada e com apenas materiais de escrita em cima da mesa, eu passei a distribuir as provas e depois fiz uma leitura coletiva das questões com a turma em uma tentativa de garantir que o maior nível de compreensão sobre os enunciados fosse alcançado.

Como a prova era com consulta aos materiais de leitura que disponibilizei durante as aulas, a grande maioria das perguntas que os estudantes fizeram durante a aplicação da prova eu respondi de forma a apenas indicar onde eles poderiam reler e consultar novamente a informação sobre a qual eles tinham dúvida. Também não permiti que nenhuma pergunta fosse feita de modo individual: se algum estudante me chamava até a classe, eu chamava a atenção da turma e esclarecia a dúvida compartilhando-a com todos.

A aplicação da prova ocorreu sem grandes ocorrências. Não presenciei nenhuma tentativa de consulta a colegas ou de compartilhar informação sobre alguma questão. Acredito que ter preparado questões em grande parte dissertativas dificultou qualquer tentativa de cola menos sofisticada.

Fiquei bastante satisfeito com minha estimativa de quanto tempo a turma demoraria para responder todas as questões da prova, pois nenhum estudante entregou a prova muito antes de terminar o tempo e apenas duas estudantes ainda estavam escrevendo respostas quando o sinal tocou. Pedi a professora de Inglês, que já estava à porta ao som do sinal, que me permitisse ficar com a turma por mais cinco minutos, que acabaram nem sendo necessários, pois as duas estudantes entregaram a prova em seguida.

## **4.8. Oitava Aula**

Data: 30/11/2018

Turma: 202    Ano: 2º

Horário: 7h30min às 9h30min (duas horas-aula)

Número de estudantes presentes:

### **4.8.1. Plano de Aula**

**Conteúdo:** Entropia e Segunda Lei da Termodinâmica.

**Objetivos de ensino:** Apresentar o conceito de entropia. Apresentar a Segunda Lei da Termodinâmica. Analisar processos de dissipação de energia térmica na vida de astros como buracos negros. Conscientizar estudantes sobre a diversidade de pessoas envolvidas no desenvolvimento de áreas da ciência como a astronomia.

**Procedimentos:** Exposição dialogada baseada na apresentação de *slides*. Demonstração experimental. Instrução pelos Colegas.

**Recursos:** Computador e projetor de *slides*. Para a demonstração experimental, recipiente para depositar uma vela e certa quantidade de líquido colorido (para facilitar a visualização do fenômeno) e uma garrafa de plástico (por onde o líquido subirá). Para a atividade de IpC, cartões (*pickers*) e telefone celular para o registro.

**Atividade inicial** (10 minutos):

- Entrega da prova corrigida e comentários sobre o desempenho da turma na avaliação da Sétima Aula.
- Apresentação da questão norteadora “Como será o fim do Universo?”.
- Explicação sobre como, na verdade, a investigação sobre o fim do Universo que será feita será um estudo baseado em conceitos termodinâmicos sobre um possível “deterioração” da energia do nosso Universo.

**Desenvolvimento** (70 minutos):

- Análise de enunciados da Segunda Lei da Termodinâmica acompanhada de uma discussão sobre processos reversíveis e irreversíveis.
- Definição de entropia como medida da degradação da energia de um sistema físico.
- Demonstração experimental “a vela que levanta fluidos” para enfatizar a discussão entre processos reversíveis e irreversíveis, apontando a energia potencial gravitacional adquirida pelo fluido levantado como um processo reversível e a chama da vela que se apaga ao final do processo como processo irreversível.
- Apresentação de questões conceituais para atividade de IpC sobre os assuntos da aula desenvolvidos até este ponto.
- Análise de enunciados da 2ª Lei da Termodinâmica em termos da entropia do sistema.
- Retorno a questão norteadora baseado numa breve discussão sobre o fim da vida das estrelas, seguida de uma explicação mais geral sobre buracos negros.
- Explicação sobre a radiação Hawking, conectando-a a temas anteriores da unidade didática (processos de troca energia térmica: radiação). Será feita também uma conexão à nova questão norteadora: “como será o fim do Universo?” cuja a construção da resposta será focada

em primeiro lugar em analisar como é o fim da vida de astros e, portanto, buracos negros (que é sobre o que trata a teoria por trás da radiação Hawking).

- Destaque sobre o trabalho de Stephen Hawking para desmistificar a ideia de comunidade científica como um “clube do Bolinha” para pessoas super capazes, comentando que figuras geniais realmente aparecem na história da Física, mas que o trabalho científico é realizado por diversos tipos de pessoas, não apenas por esses gênios.

- Divulgação do Núcleo de Inclusão e Acessibilidade da UFRGS após uma explicação sobre a importância da inclusão social e, especialmente, da inclusão de pessoas com deficiências em termos de acesso e permanência em espaços educacionais de nível básico e superior baseada na apresentação do trabalho de Stephen Hawking.

#### **Fechamento** (40 minutos):

- Resposta à questão norteadora da aula a qual, na verdade, será um levantamento sobre o que é necessário responder antes de definirmos qual será o fim do Universo.

- Exposição sobre a morte térmica do Universo, afirmando que para considerar uma “morte térmica” como o fim de tudo, seria necessário que o Universo fosse um sistema isolado, isto é, sem influências externas.

- Encerramento da unidade didática focado em responder as dúvidas finais dos estudantes e recolher as resoluções da lista de exercícios entregue à turma.

#### **4.8.2. Relato de Regência**

A aula começou às 7h40min com a entrega do último material de leitura e da prova corrigida.

Meu planejamento para correção da avaliação envolvia um interesse razoável de pelo menos uma parte da turma. Porém, como eles não se manifestaram muito favoráveis a essa atividade, resolvi começar diretamente com a apresentação da questão norteadora da aula, “como será o fim do Universo?”.

A maior parte da discussão inicial envolveu explicar que usaríamos, em aula, mais um princípio da Termodinâmica, a Segunda Lei, para responder essa nova questão.

Para tanto, como previsto, comecei analisando dois enunciados da Segunda Lei da Termodinâmica (ver Figura 33) que serviram de pontapé para a discussão sobre processos reversíveis e irreversíveis.



Figura 33 – 2ª Lei da Termodinâmica

Ao final da diferenciação entre processos reversíveis (apresentados como aqueles em que o sistema pode retornar à situação inicial) e irreversíveis (aqueles em que o sistema não pode espontaneamente retornar à situação inicial), realizei a demonstração experimental planejada, “a vela que levanta fluidos”<sup>11</sup>. Meu objetivo foi fazer com que os estudantes conseguissem, através desse experimento, descrever em termos de irreversibilidade (ou não) os fenômenos observados (o levantar do fluido e o apagar da chama da vela).

Cabe aqui alguns comentários adicionais sobre esse momento da aula. A minha ação de entregar a prova no início do período acabou sendo uma péssima decisão. A turma se agitou e se distraiu muito comentando suas provas entre si ou reclamando sobre o fato de terem recebido notas (os estudantes deram a entender que costumavam receber avaliações apenas em conceitos, mas observei entregas de avaliação do Professor X e sabia que não era algo tão peculiar assim).

Foi falho de minha parte assumir que os estudantes, mesmo que não quisessem uma revisão da prova, não gostariam de alguns instantes para comparar respostas e ler os *feedbacks* que escrevi em todas as resoluções em que havia um mínimo de desenvolvimento e justificativa para as respostas. Refletindo sobre isso depois de passada a aula, é bastante óbvio que isso perturbou bastante o andamento da última aula. Infelizmente, durante os dois períodos, não me atentei a esse detalhe e insistia em chamar a atenção da turma e falhando consideravelmente em vários momentos.

---

<sup>11</sup> Informações disponíveis em: <http://azeheb.com.br/blog/experimento-de-fisica-a-vela-que-levanta-a-agua/>

Voltando à demonstração experimental, esse foi um dos poucos pontos da aula em que consegui chamar a atenção, até onde pude ver, integralmente dos estudantes por alguns instantes. Apesar de nem todos terem levantado para assistir à demonstração, todos pareciam ter se voltado para o centro da sala onde eu realizei a montagem, relativamente simples do experimento. Como utilizei líquidos coloridos para a atividade, o fenômeno foi consideravelmente visível.

Quando eu questionei se eles conseguiriam prever qual seria o fenômeno reversível e qual seria irreversível, a maioria respondeu, de forma bagunçada, sobrepondo vozes, que o apagar da chama da vela seria o processo irreversível. Esse momento foi o auge de atenção e participação dos estudantes em aula.

Enfatizado o significado de irreversibilidade para processos energéticos, passei a uma definição de entropia.

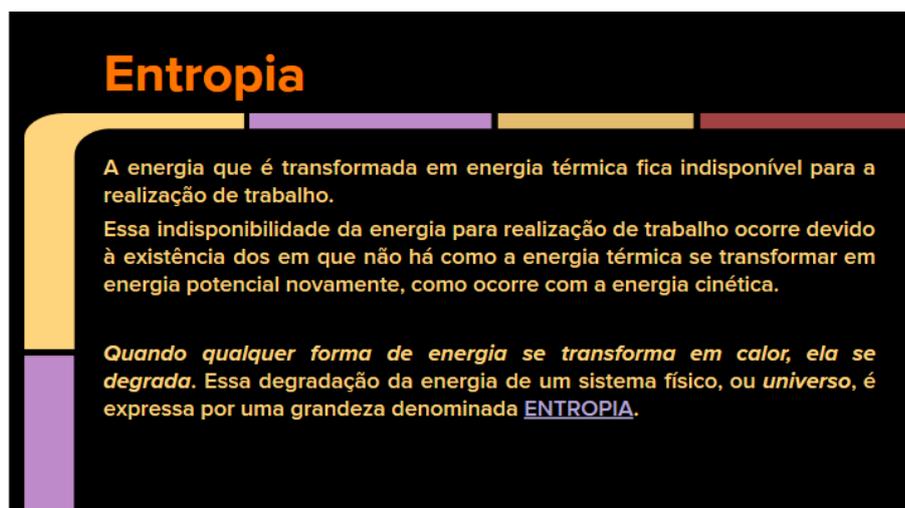


Figura 34 – Entropia

Depois da discussão inicial sobre entropia, acompanhada de dois novos enunciados da Segunda Lei da Termodinâmica (“todo sistema físico sempre evolui, espontaneamente, para situações de máxima entropia” e “todo sistema natural, quando deixado livre, evolui para um estado de máxima desordem”), foi realizada uma atividade de IpC para avaliar a compreensão dos estudantes sobre esse conceito tão importante.

A primeira questão (ver Figura 35), apesar de não se adequar muito aos moldes do *Peer Instruction*, acabou sendo uma boa questão teste ou introdutória à atividade, já que, como supracitado, a turma permanecia agitada e com dificuldades de se atentar a aula. Ela acabou servindo como uma necessária revisão ao conceito para a parte da turma que não prestou atenção na discussão inicial (apesar de ter se estendido por alguns minutos).

**Questão**

(UFRGS-2001, adaptada) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo, na ordem em que elas aparecem.

*A entropia de um sistema termodinâmico isolado nunca ..... ;  
Se o sistema sofre uma transformação reversível, sua entropia ..... ;  
Se sofre uma transformação irreversível, sua entropia .....*

- a) aumenta – permanece constante – diminui
- b) aumenta – diminui – permanece constante
- c) diminui – aumenta – aumenta
- d) diminui – permanece constante – aumenta

Figura 35 – Questão conceitual III

Para a segunda questão (ver Figura 36), a turma já estava mais centrada. Pelas discussões e justificativas que ouvi dos estudantes, a alternativa (a) já havia sido compreendida como verdade por praticamente todos; ninguém parecia duvidar de sua validade.

**Questão**

Qual das afirmativas sobre as leis da termodinâmica a seguir está incorreta?

- a) Uma sonda espacial não é capaz de aproveitar toda a energia da queima do seu combustível para ser impulsionada.
- b) A 1ª Lei da Termodinâmica é uma afirmação sobre o Princípio da Conservação da Energia.
- c) A 2ª Lei da Termodinâmica diz que transformar integralmente calor em trabalho é o mesmo que transformar trabalho em calor.
- d) A entropia de gases é geralmente maior que a dos líquidos e a entropia de líquidos é geralmente maior que a dos sólidos.

Figura 36 – Questão conceitual IV

As alternativas (b) e (c) foram as que mais geraram conversas e tentativas de conhecimento. Relendo a alternativa (c) depois de passada a aula, percebi que talvez fosse a mais confusa, porém, durante a atividade, solicitei duas vezes aos estudantes que confirmassem compreensão sobre as alternativas e a grande maioria assentiu e pareciam seguros ao responder. Mesmo com essa reflexão sobre uma possível má leitura do texto da alternativa, depois da primeira votação em que a turma esteve bem dividida entre as respostas, os estudantes acabaram realmente convergindo para a opção correta.

Depois da atividade de IpC, a aula retornou aos assuntos astronômicos a partir de uma descrição dos buracos negros. Além disso, foi construído um vínculo entre buracos negros representarem o fim da vida de alguns determinados astros e também um novo começo, já que

nas “proximidades” de buracos negros supermassivos seriam gerados jatos de matérias que podem “perturbar” nebulosas e, portanto, dar oportunidade ao surgimento de novas estrelas.

A discussão se voltou a tentar compreender como um buraco negro, que absorve toda a matéria ao seu redor, e, portanto, toda a entropia dessa matéria, pode existir sem violar os princípios da Segunda Lei.

Para tanto, foi estabelecido que se ater a ideia de que buracos negros devem ter entropia crescente conforme a quantidade de matéria absorvida aumenta e que se o buraco negro tem entropia, ele também tem uma temperatura. E, se tem temperatura, deve emitir radiação.

A parte final da aula foi focada em, dando continuidade à última discussão, explicar a radiação de Hawking e falar mais sobre o cientista que dá o nome a ela. Essa fala sobre Stephen Hawking e seu trabalho foi encaminhada nos moldes da discussão que fiz sobre o papel da mulher nas ciências durante o fim da Quinta Aula, mas agora colocando uma pessoa com deficiência em destaque para enfatizar a diversidade de indivíduos que compõem esses espaços frequentemente elitistas de produção de conhecimento.

Depois disso, fiz uma última fala sobre o Núcleo de Inclusão e Acessibilidade da UFRGS, onde trabalho, em busca de reforçar a importância do tema e demonstrar como a seria a inclusão de um indivíduo como Stephen Hawking nos espaços acadêmicos que temos hoje em dia no Brasil.

O momento final da aula foi separado para responder as últimas dúvidas sobre a lista de exercícios de modo breve e para recolher as resoluções.

Refletindo posteriormente sobre a aula, a impressão mais forte continua sendo a da minha falha ao entregar as provas resolvidas no início do primeiro período. Isso perturbou em muito o andamento de toda a aula de uma maneira que não esteve ao meu alcance reverter. A turma não estava com um comportamento especificamente bagunçado ou desrespeitoso, mas estavam visivelmente desatentos de um modo geral; tão desatentos que foi necessário lembrá-los de que aquela era nossa última aula juntos.

Na seção a seguir, serão feitas reflexões sobre todo o período de regência comentando-se os resultados esperados de aprendizagem, os resultados das avaliações e o desempenho dos estudantes, além de outros comentários mais gerais.

## **5. Considerações Finais**

Durante os meses de julho e agosto de 2018 nos quais ainda não havia certeza se eu conseguiria me matricular na disciplina de Estágio, as minhas fantasias cotidianas sobre atuação

em sala de aula estavam adquirindo cada vez mais detalhes e realismo. Quando tive a confirmação de que essa primeira atuação (mais formal que minhas experiências anteriores) ocorreria ainda em 2018, as fantasias sobre docência espiralaram aos céus em uma alternância entre realismo e idealização pura.

Imaginava-me em todo tipo de cenário. Situações fictícias de fracasso absoluto me mantinham acordado até tarde da noite por medo e episódios fantasiosos de sucesso me mantinham desperto por empolgação. Sempre tentava manter meus pés firmes no chão e não me esquecer de outras experiências pessoais em sala de aula (como estudante, como observador e como professor novato em início de formação), mas a ansiedade é uma criatura que responde a outros deuses.

No período de planejamento para regência da disciplina de Estágio, pouco mudou em meu mundo imaginário. Porém, com as novas experiências de observação em sala de aula, os cenários mais realistas, em que eu seria um professor banal e passageiro na trajetória escolar dos estudantes, se tornaram lentamente mais frequentes.

Olhando para as experiências que tive de fato no período de regência, esses foram os cenários que melhor previram minha atuação em sala de aula.

Não digo isso de modo pejorativo (ou, pelo menos, não muito). Fazer parte da vida escolar de um grupo de jovens mesmo que de forma a chamar a atenção por apenas alguns minutos semanais certamente integrava os meus objetivos.

O fato é que há meses passo por um distanciamento da minha realidade que não consigo reverter. Nada agradável que me acontece possui um “gosto” forte para mim; parece que estou com um paladar emocional paralisado. Tinha esperanças de que a regência em sala de aula me curasse desse mal. No meu íntimo, por mais que eu tentasse suprimir, gostaria de ter tido uma grande conexão afetiva com tudo; com meu de projeto de unidade didática, com a minha turma, com a escola. Infelizmente, não foi dessa vez.

Isso de modo algum significa que tive uma experiência completamente indiferente e apática. Fiquei contente, ansioso, empolgado, frustrado; mas mais ansioso e frustrado do que qualquer outra coisa.

Todos os erros que cometi em resoluções de exercício, falas confusas que proclamei e conexões má enfatizadas que construí, por mais pequenos, curtos e irrelevantes que tenham sido para os estudantes, foram para mim abismos dos quais tive que escalar para conseguir semanalmente retornar à sala de aula e conseguir exclamar um “bom dia” sincero. Entristece-me que são essas as memórias que mais me marcam e não as boas lembranças.

Refletindo sobre frustrações e ansiedades, é palpável o meu egocentrismo de professor em início de atividade. Minha preocupação esteve sim voltada e muito à aprendizagem dos estudantes, mas frequentemente meu pensamento focava em minha performance e na percepção da turma sobre mim. Isso vinha muito à tona nos momentos quando a turma perdia temporariamente a atenção ou não demonstravam muito interesse. Não foram tantos esses momentos e, no geral, a turma era mais atenta a mim do que o contrário, mas, mesmo assim a minha memória viaja para os destinos mais desagradáveis.

Agora, dando foco agora para reflexões mais objetivas e relacionadas à unidade didática, será feita uma análise dos resultados alcançados de aprendizagem.

No processo de corrigir as respostas da avaliação da Sétima Aula e da lista de exercícios, além da observação das discussões feitas em aulas entre os estudantes, constatei uma boa internalização de conceitos básicos (temperatura, energia térmica e interna, calor) e de significados dos enunciados das Leis da Termodinâmica. A identificação das grandezas termodinâmicas (pressão, volume e temperatura) assim como as especificações relacionadas a sistemas físicos (aberto, fechado e isolado) também pareceram compreendidas de modo efetivo.

Um dos meus resultados esperados de aprendizagem envolvia uma ampliação da compreensão dos estudantes sobre o conceito de “energia” e admito aqui uma falha minha de não ter investido mais em tentar diagnosticar melhor a concretização desse objetivo. Analisando apenas a parte relacionada ao meu esforço nesse sentido, sinto que fiz o meu melhor em sempre definir e revisitar energia como uma das mais singulares grandezas da Física. Distanciei-me o máximo que pude das fórmulas associadas e da parte mais matemática do assunto, deixando essa parte mais calculística para outros momentos da unidade didática que não o da conceituação de energia.

As discussões envolvendo dilatação térmica e a Lei Geral dos Gases foram as menos frutíferas. Apesar de, em aula, ter acontecido engajamento e participação, meu objetivo com a Lei Geral dos Gases, por exemplo, era apresentar uma abordagem alternada entre conceitual e quantitativa, mas dando maior prioridade, nesse assunto, para a parte quantitativa. Infelizmente, percebi, com as dúvidas expressas pelos estudantes na Oitava Aula e nas resoluções das listas de exercícios, que os esforços realizados nessa parte do conteúdo foram bem negligentes. Uma das causas que consigo identificar foi que ambas as discussões propiciariam várias possibilidades em termos de práticas experimentais as quais eu não me esforcei para incluir na unidade didática.

Quanto ao desempenho específico na avaliação da Sétima Aula, em termos numéricos, a turma obteve uma média de 5,79 (a prova valia 10 pontos). Apesar de a maioria das notas

terem ficado entre 5 e 7, percebi que houve dedicação de grande parte dos estudantes de investigar os materiais de leitura em busca dos conceitos presentes nas questões.

Na avaliação, houveram alguns estudantes que apenas copiaram frases dos materiais permitidos para consulta sem muita preocupação em reescrevê-los em palavras mais autorais ou de modo a serem mais coerentes com as perguntas feitas. Porém, mesmo nesses casos, que não foram a maioria, ainda era visível a capacidade de alguns deles em identificar em qual passo específico de todas as investigações que fizemos em aula eles deveriam se focar. Considerei isso de modo parcialmente positivo porque tentei fortemente questões que os estudantes poderiam simplesmente olhar o enunciado e copiar, sem refletir, informações contidas nos materiais de leitura.

O processo de corrigir as provas foi um dos meus momentos de satisfação do período de regência, pois identifiquei coerência entre o esforço que os estudantes demonstravam em aula, a atenção que eles davam às discussões e o desempenho nas respostas que escreveram para as questões. Aqueles que acertaram de modo apurado a maioria ou pelo menos algumas das questões mais dissertativas eram aqueles que mais prestavam atenção, mesmo quando não eram especificamente comunicativos, e o desempenho desses estudantes me deixou bastante satisfeito, mesmo quando a nota não estava muito distante da média.

De modo geral, a experiência da disciplina de Estágio foi muito importante em termos de desenvolver em mim o gosto e o cuidado com o planejamento para atuar como professor e também uma nova familiaridade com o ambiente escolar. Além disso, e talvez o mais importante de tudo, foi também o início de uma caminhada em direção a uma postura menos egocêntrica de minha parte e na construção de uma preocupação integral com o aprendizado dos estudantes com os quais dividirei o espaço da sala de aula por toda a minha vida.

### **Referências**

ANDRADE, I. B. D.; MARTINS, I. Discursos de professores de ciências sobre leitura. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 121-151, 2006. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/491>>. Acesso em: 1 Setembro 2018.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, 30, Abril 2013. 362-384. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n2p362>>. Acesso em: 22 Novembro 2018.

AUGUSTO, T. G. D. S.; CALDEIRA, A. M. D. A. Dificuldades para implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 139-154, 2007. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/481/283>>.

CÔRREA, G. M. Observação do Sol. **Observatório Astronômico Frei Rosário**, UFGM. Disponível em: <<http://www.observatorio.ufmg.br/dicas08.htm>>. Acesso em: 2 Setembro 2018.

CRONE, J. Designing for learning—Plickers. **Medium**, 2015. Disponível em: <<https://medium.com/@jordanthelast/designing-for-learning-v3-plickers-4b586d0fb845>>. Acesso em: 2 Setembro 2018.

GASPAR, A. **Física - Volume Único**. 1ª. ed. São Paulo: Ática, 2005. 552 p.

GRINGS, E. T. D. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Significados dos conceitos da termodinâmica e possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes do ensino médio e técnico. **Liberato**, Novo Hamburgo, v. 8, n. 10, 2007. ISSN 2178-8820. Disponível em: <[http://revista.liberato.com.br/ojs\\_lib/index.php/revista/article/view/94/0](http://revista.liberato.com.br/ojs_lib/index.php/revista/article/view/94/0)>. Acesso em: 9 Novembro 2018.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9ª. ed. San Francisco: Bookman, 2008. 685 p.

KUERBIS, P. J. Matérias de pesquisa em ensino de Física: estilos de aprendizagem e o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 44-49, 1990. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7706>>. Acesso em: Janeiro 2018.

LIMA, J. T.; PAVANI, D. B.; LANG, F. A Contextualização da Astronomia no Ensino da Termodinâmica. **Recursos Digitais de Apoio ao Professor de Física**, Porto Alegre, n. 3, 2016. Disponível em: <[http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/rd/n03\\_Torres/](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/rd/n03_Torres/)>.

MARQUES, N. L. R. **Física térmica**. Porto Alegre: UFRGS, v. 1, 2010. 73 p.

MARQUES, N. L. R.; ARAUJO, I. S. Investindo na formação de professores de ciências do ensino fundamental: uma experiência em Física Térmica. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, p. 131-152, 2010.

MICHELENA, J. B.; MORS, P. M. **Física Térmica**: uma abordagem histórica e experimental. Porto Alegre: UFRGS, v. 19, 2008. 59 p. ISBN 1807-2763.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa?, Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

NASA. Hubble Highlights - Exploring the Birth of Stars, 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/content/hubble-highlights-exploring-the-birth-of-stars>>. Acesso em: 2 Setembro 2018.

OLIVEIRA FILHO, K. D. S.; SARAIVA, M. F. O. Evolução Final das Estrelas. **Astronomia e Astrofísica**, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>>. Acesso em: 8 Setembro 2018.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em Contextos**: Pessoal, Social e Histórico. 1ª. ed. São Paulo: FTD, v. 3, 2011. 1220 p.

PRADELLA, M.; MOREIRA, M. A. **Abordagem de conceitos de Termodinâmica no Ensino médio por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. Porto Alegre: UFRGS, v. 25, 2014. 41 p. ISBN 1807-2763.

PRÄSS, A. R. Teorias de Aprendizagem, Maio 2012. Disponível em: <[http://www.fisica.net/monografias/Teorias\\_de\\_Aprendizagem.pdf](http://www.fisica.net/monografias/Teorias_de_Aprendizagem.pdf)>.

REDDY, F. NASA Satellites Catch 'Growth Spurt' from Newborn Protostar. **NASA**. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/content/goddard/nasa-satellites-catch-growth-spurt-from-newborn-protostar>>. Acesso em: 2 Setembro 2018.

REZENDE, F.; LOPES, A. M. D. A.; EGG, J. M. Identificação de problemas do currículo, do ensino e da aprendizagem de física e de matemática a partir do discurso de professores. **Ciência & Educação**, p. 185-196, 2004. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132004000200004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132004000200004&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 7 Outubro 2018.

SANTOS, R. P. D. **História e Epistemologia da Física**. [S.l.]: Wikibooks, 2008. Disponível em: <[https://pt.wikibooks.org/wiki/História\\_e\\_epistemologia\\_da\\_Física](https://pt.wikibooks.org/wiki/História_e_epistemologia_da_Física)>.

SCHLIEDER, S. Swept Up in the Solar Wind. **NASA**, 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2016/swept-up-in-the-solar-wind>>. Acesso em: 2 Setembro 2018.

SCHWAHN, M. C. A.; SILVA, J. D.; MARTINS, T. L. C. **A Abordagem POE (Predizer, Observar e Explicar): Uma Estratégia Didática na Formação Inicial de Professores de Química**. Anais do VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação e Ciências. Florianópolis: [s.n.]. 2007.

SILVÉRIO, A. D. A. As dificuldades no ensino/aprendizagem da Física, Florianópolis, p. 57, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/105360>>. Acesso em: 14 Setembro 2018.

TOMMASIELLO, M. G. C.; SANTOS, L. R. D.; FRANZOL, S. D. Dificuldades dos alunos com os registros de representação semiótica em aulas de física de uma escola brasileira de ensino médio: o x da questão. **Comunicações**, Piracicaba, v. 24, n. 1, p. 23-34, 2017. Acesso em: Janeiro 2018.

VILLARD, R.; CHOU, F. Hubble Yields New Discoveries at the Winter AAS Meeting. **NASA**, 2018. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/hubble-yields-new-discoveries-at-the-winter-aas-meeting>>.

WIKIPÉDIA. Temperatura. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Temperatura>>. Acesso em: 2 Setembro 2018.

YEO, S.; ZADNIK, M. Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding. **The Physics Teacher**, v. 39, p. 495-504, Novembro 2011.

## Apêndice 1 – Questionário de concepções sobre Física

Nome:

Idade:

---

### *Questionário*

1) Qual sua disciplina favorita e qual você menos gosta? Por quê?

---

---

---

2) Você gosta de Física? Comente sua resposta.

---

---

---

3) “Eu gostaria mais de Física se...” complete a sentença.

---

---

---

4) O que você acha mais interessante na Física? E menos interessante?

---

---

---

5) Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de Física?

---

---

---

6) Você vê alguma utilidade em aprender Física? Comente sua resposta.

---

---

---

7) Quais dificuldades você costuma ter ao estudar Física?

---

---

---

8) Você trabalha? Se sim, em quê?

---

---

9) Qual profissão você pretende seguir?

---

---

10) Pretendes fazer algum curso superior? Qual? Em que instituição?

---

---

## Apêndice 2 – Materiais de Leitura

O objetivo dos materiais de leitura apresentados nessa seção foi de desempenhar o papel de material potencialmente significativo associado à unidade didática. Os textos são razoavelmente longos, mas oferecem todas as informações importantes das aulas e deveriam, também, eliminar a obrigação dos estudantes de copiar *slide* a *slide* todas as informações, permitindo maior liberdade para anotar dúvidas, resoluções de exercícios feitas em aula e observações mais pessoais.

Os materiais disponibilizados para a turma continham as mesmas informações apresentadas nos *slides* exibidos durante as aulas os quais também foram disponibilizados, mas em formato digital. As principais diferenças são que, no material de leitura, foram omitidas as fontes das imagens e as referências bibliográficas utilizadas para uma economia no momento da impressão e o texto foi editado de forma a ser uma leitura mais fluída e menos fragmentada.

Apesar de a unidade didática se dividir em oito aulas. Foi produzido um total de seis materiais, pois o texto utilizado na Segunda Aula continuou sendo utilizado na Terceira Aula e, além disso, na Sétima Aula foram realizadas uma revisão do conteúdo e uma atividade avaliativa para as quais não havia material de leitura específico. Por causa disso, o texto da Oitava Aula (ver Material de Leitura 6) foi intitulado “Aula 07 - Como será o fim do Universo?” apenas para facilitar a continuidade na organização dos textos dos estudantes.

## Material de Leitura 1

### Aula 01 - Como surgem as estrelas?

Noções básicas sobre as estrelas:

Estrelas são corpos celestes *esféricos* compostos por gás ionizado (“ionizado” significa estar com elétrons a mais ou a menos), também conhecido por “plasma”.

Observação: estrelas não possuem pontas, como as representações e desenhos simples e mais comuns. O que causa essa impressão visual são fenômenos que acontecem pela interação da luz das estrelas com a atmosfera ou com os instrumentos ópticos que são usados para observá-las (incluindo o olho humano).

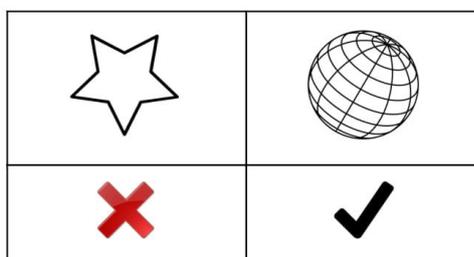


Figura 1

As estrelas surgem no interior de nebulosas (grandes aglomerados de poeira e gás). As nebulosas possuem regiões muito *frias* (de *menor agitação de partículas*) e densas que, ao sofrerem alguma perturbação (como a explosão de uma supernova nas vizinhanças), começam a colapsar por causa da ação da gravidade (aumento de *pressão*). Essas regiões se chamam glóbulos de Bok e têm a aparência de nuvens escuras.

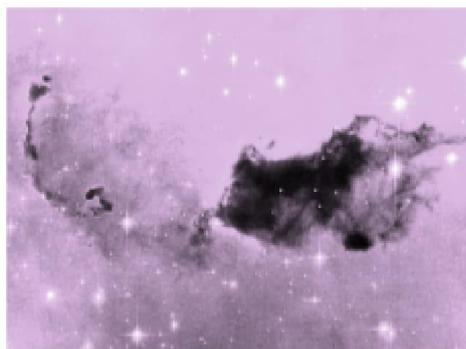


Figura 2: Glóbulos de Bok

Além de tudo isso, uma estrela gera *energia* em seu núcleo.

ENERGIA: aquilo que faz um objeto, corpo ou sistema passar por algum tipo de processo ou mudança. Que tipos de processos? Ser aquecido, ser posto em movimento, ser acelerado, levantado ou erguido, aquecido, resfriado, iluminado, entre muitos outros.

ENERGIA TÉRMICA: aquilo que faz um objeto, corpo ou sistema passar por um processo de aquecimento ou esfriamento, ou seja, de aumento ou diminuição da energia cinética média de suas partículas.

Pergunta: qual a principal diferença entre um dia quente (de 30 °C) e um dia frio (de 2 °C)?

Dia quente → 30 °C → maior agitação de partículas



Dia frio → 2 °C → menor agitação de partículas



TEMPERATURA: representa o grau de agitação das partículas que compõem um objeto, corpo ou sistema. Agitação é movimento, então, a energia associada é a energia cinética das partículas.

Aumenta a temperatura → Aumenta a agitação das partículas → Aumenta a Energia Cinética das partículas

$\uparrow T$     $\uparrow$  agitação    $\uparrow E_{cin}$

Diminui a temperatura → Diminui a agitação das partículas → Diminui a Energia Cinética das partículas

$\downarrow T$     $\downarrow$  agitação    $\downarrow E_{cin}$

Quando a temperatura aumenta, a maior agitação de partículas exige maior espaço entre elas. Portanto, aumentar a temperatura pode alterar outras propriedades físicas como o volume. Além do volume, pode alterar, também, a pressão e a cor do objeto, corpo ou sistema.

Em uma estrela, a temperatura depende de fatores como sua massa, seu tamanho e o tipo de reação nuclear que gera sua energia.

ENERGIA INTERNA: um tipo de energia diretamente relacionada com a agitação de partículas (temperatura) de um objeto, corpo ou sistema. É melhor descrita como o conjunto de energias cinética e potencial destas partículas.

Voltando para as estrelas...

Depois do surgimento, a quantidade de partículas (e, portanto, a massa) continua aumentando. Aumenta a massa, aumenta a ação da gravidade, comprime o núcleo, aumenta a pressão e aumenta a temperatura.

Quando chegar a 10 milhões de graus Celsius ( $10000000\text{ °C} = 10^7\text{ °C}$ ), o núcleo inicia o processo que gera sua energia, a transformação de hidrogênio em hélio.

Depois disso, a estrela atinge uma pressão (interna) suficiente para entrar em um período de equilíbrio hidrostático e atinge um período de constante troca de energia térmica na forma de calor entre as camadas que a compõe.

**CALOR:** energia térmica em trânsito; transferência de energia térmica. Ocorre quando há diferença de temperatura entre objetos, corpos, ou sistemas.

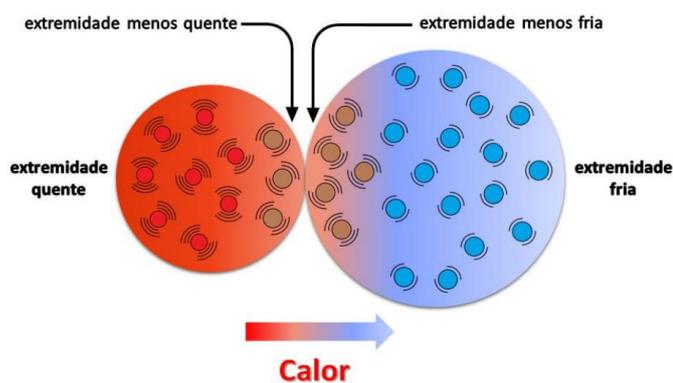


Figura 3

Calor não é, para a Física, uma substância ou uma propriedade contida em um corpo e também não é um fluido. Calor é uma transferência de energia. *Nenhum corpo, objeto ou sistema possui calor.* Portanto...

**calor  $\neq$  temperatura  $\neq$  energia térmica**

## Material de Leitura 2

### Aulas 02 e 03 - As estrelas possuem cores?

Pode parecer uma pergunta óbvia, visto que há tantas fotografias como aquelas publicadas diariamente pela NASA que são cheias de cores, porém é necessário lembrar que a maioria dessas imagens passa por uma “pós-produção” ou tratamento digital ou ainda são simplesmente ilustrações conceituais.

Outro ponto que ilustra como a questão não é trivial: a observação do céu noturno. Quantos dos pontos brilhantes visíveis no céu à noite possuem cor que não o branco? Pouquíssimos! Além disso, um dos pontos brilhantes visto mais frequentemente, Marte, não é uma estrela.

Para responder essa pergunta, vamos analisar mais profundamente uma propriedade termodinâmica já citada, a temperatura, além dos métodos e conceitos importantes para medi-la.

**EQUILÍBRIO TÉRMICO:** fenômeno que ocorre quando colocamos dois (ou mais) objetos, corpos ou sistemas em contato e eles acabam com a mesma temperatura.

A temperatura atingida ao fim do processo é chamada de *temperatura de equilíbrio*.

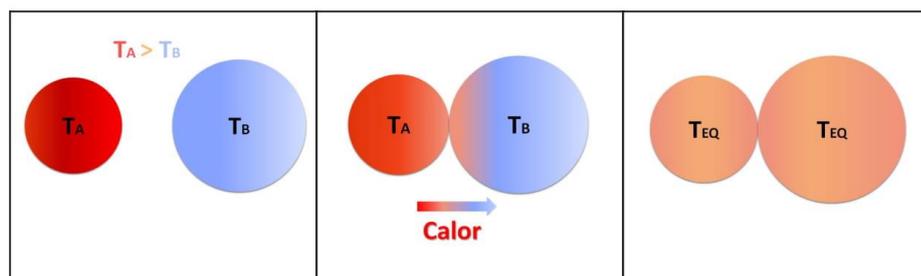


Figura 1

Dois objetos, corpos ou sistemas têm a mesma *temperatura* se eles estão em *equilíbrio térmico* entre si.

O equilíbrio térmico é um conceito importante, pois ele nos ajuda, por exemplo, a explicar o funcionamento de um instrumento de medida de temperatura: o termômetro clínico tradicional.



Figura 2

Como o termômetro funciona?

1º - é colocado em equilíbrio térmico com o ambiente.

2º - é colocado em equilíbrio térmico com o objeto, corpo ou sistema que se pretende saber a temperatura.

Por que o corpo humano não é um bom instrumento de medida de temperatura?

Nosso tato e sensações térmicas não são parâmetros precisos de medida de temperatura por serem frágeis e arbitrários.

Escala termométrica

É uma escala que relaciona a expansão de um fluido por aumento de temperatura a um valor específico.

ESCALA CELSIUS (°C): definida a partir de um elemento universal (a água) e de dois fenômenos (ditos) permanentes: a fusão da água (0 °C) e a ebulição da água a nível do mar (100 °C).

ESCALA KELVIN (K): definida a partir de um elemento universal (a água) e de dois fenômenos (ditos) permanentes: a ausência de agitação das partículas (0 K) e o ponto triplo da água (273 K). O ponto triplo da água é o ponto a partir do qual é possível tornar toda a substância gelo, água ou vapor fazendo pequenas mudanças na temperatura e pressão.

ESCALA FAHRENHEIT (°F): definida a partir de dois elementos universais (a água e o corpo humano) e de três medidas diferentes: a ebulição da água (240°F), a fusão do gelo (30°F) e a temperatura do corpo humano (90 °F).

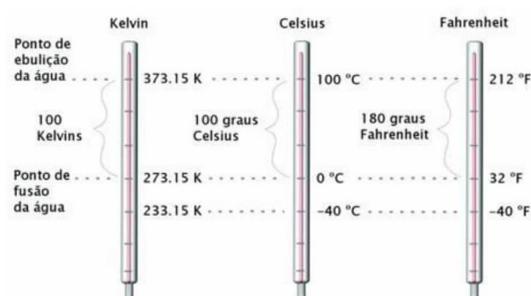


Figura 3

$$\frac{C}{5} = \frac{K-273}{5} = \frac{F-32}{9}$$

Já vimos que se dois objetos, corpos ou sistemas têm a mesma temperatura se eles estão em equilíbrio térmico entre si, mas como garantir que eles estejam com a mesma temperatura? Colocando um terceiro corpo (o termômetro, por exemplo) em equilíbrio térmico com um e depois com o outro.

É justamente sobre esse procedimento que se trata a Lei Zero da Dinâmica.

## LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

“Se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo, então, os três corpos estão em equilíbrio térmico entre si”.

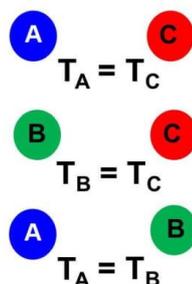


Figura 4

Vamos imaginar o preparo de um pappardelle ao molho branco com alcachofras.



Figura 5

Para o preparo do molho branco ser perfeito, é necessário controlar a temperatura de várias etapas e de vários ingredientes durante o procedimento.

Quando o molho tradicional que você começou a preparar está a 102 °C, é colocado o creme de leite na mesma panela.

No momento em que você vai começar a mexer o molho, o telefone toca e você esquece o misturador metálico dentro da panela para ir atender a ligação.

O que acontece com o misturador?

O misturador receberá energia térmica na forma de calor cedida pelo molho e irá variar algumas de suas propriedades, como a temperatura. Essa transferência de energia ocorrerá até atingirem temperaturas iguais. E, se ficar submerso tempo suficiente, o misturador entrará em equilíbrio térmico com o molho.

No contato entre um objeto frio e um objeto quente, a energia térmica tende a ir do objeto quente para o objeto frio.

Além disso, Cada material possui características diferentes e, na maioria das vezes, a temperatura de equilíbrio não corresponde à média das temperaturas.

E o que podemos afirmar sobre uma porção aquecida de água para a qual o termômetro também marca 102 °C?

Podemos afirmar que a água aquecida está em equilíbrio térmico com o molho.

Considerações importantes:

- Termômetros que operam em contato com o sistema sobre o qual desejamos medir sua temperatura medem suas próprias temperaturas.
- Quando usamos um termômetro clínico tradicional, devemos esperar que ele entre em equilíbrio térmico com o nosso corpo para então, medindo a temperatura do termômetro, podermos afirmar algo sobre a nossa temperatura.
- Se o termômetro estiver muito distante de qualquer fonte de energia térmica OU se estiver sem partículas ao seu redor OU se as partículas ao seu redor tiverem agitação quase nula, a temperatura será muito próxima do zero absoluto (zero Kelvin ou -273 graus Celsius).

Com o enunciado da Lei Zero da Termodinâmica, finalizamos nosso estudo sobre um tipo de instrumento de medida de temperatura: o termômetro. Porém, até agora, não respondemos a questão-norteadora da aula e não encontramos uma relação entre temperatura e se as estrelas possuem cor ou não.

Como medir temperatura quando não podemos tocar um objeto?

Existem instrumentos de medida que determinam a temperatura analisando algumas propriedades do brilho de um objeto, corpo ou sistema. Exemplo: pirômetro.

Porém, é possível também determinar a temperatura (de modo aproximado) apenas observando a olho-nu a cor do brilho de corpos ou sistemas aquecidos.

Lembrando que, em uma estrela, a temperatura depende de fatores como sua massa, seu tamanho e o tipo de reação nuclear que gera sua energia.

É possível determinar a temperatura de qualquer objeto pela cor de seu brilho, pois quando a temperatura aumenta, algumas outras grandezas físicas podem se alterar como o volume e a cor do brilho. As estrelas obedecem a mesma regra.

Então, como as estrelas são corpos com temperaturas elevadas elas apresentam, sim, diferentes cores de brilho.

O que mais pode variar em um sistema ao aumentarmos a temperatura?

Ao aumentarmos a temperatura de um sistema, podemos alterar sua fase ou estado físico.

ESTADOS FÍSICOS: sólido (forma bem definida, volume bem definido), líquido (forma não definida, volume bem definido), gasoso (forma não definida, volume não definido).

O plasma é considerado como um “quarto estado da matéria” e podemos descrevê-lo como não tendo forma nem volume definidos.

Calor específico

quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um corpo.

Calor latente

quantidade de calor necessária para alterar o estado físico de um corpo.

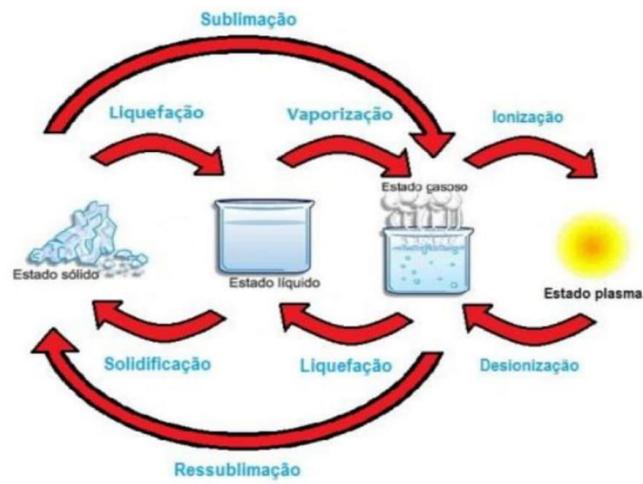


Figura 6

## Material de Leitura 3

### Aula 04 - Como a energia do Sol chega à Terra?

Para a energia do Sol chegar até a Terra, ela precisa vencer algumas barreiras como:

- A distância entre o Sol e a Terra: 150000000 km = 1 UA = 8 minutos-luz (distância percorrida à velocidade da luz em oito minutos)
- O vácuo do espaço: pouquíssima quantidade de partículas no espaço sideral.

Nessa aula, vamos analisar formas de propagação de energia térmica na forma de calor para responder a questão norteadora.

Um fenômeno que poderia explicar como a energia solar chega até nós é o VENTO SOLAR que é um fluxo contínuo de partículas vindo das camadas mais externas de uma estrela. Suas propriedades quando próximo à Terra são:

- Densidade: 10 partículas por  $\text{cm}^3$
- Velocidade: na faixa de 400 a 800 km/s

Porém, é importante destacar que os ventos solares influenciam mais na propagação de ondas de rádio e no comportamento da atmosfera do que no fornecimento de energia.

#### REVISÃO BÁSICA:

Energia é aquilo que faz com que um objeto passe por algum tipo de processo. Ser posto em movimento, ser acelerado, levantado, iluminado, aquecido, entre muitos outros processos...

Unidade:  $[E] = \text{J}$  (ou cal, kWh, eV)

Energia térmica é aquilo que faz um objeto passar por processos que causem agitação de suas partículas.

Calor é a energia térmica que se transfere de um corpo para o outro. É representado pela letra  $Q$ . Um objeto quando aumenta a temperatura é porque ganhou energia térmica ( $Q > 0$ ,  $Q$  positivo,  $+Q$ ). Um objeto quando diminui a temperatura é porque perdeu energia térmica ( $Q < 0$ ,  $Q$  negativo,  $-Q$ ).

#### *Como é gerada a energia do Sol?*

No interior das estrelas ocorre a transformação do hidrogênio em hélio, um processo cujo resultado é muito energético.

#### *Como a energia sai do núcleo do Sol?*

Para sair do núcleo do Sol, a energia precisa passar pelas camadas intermediárias da estrela até as camadas mais externas e, finalmente, se espalhar pelo espaço ao redor.

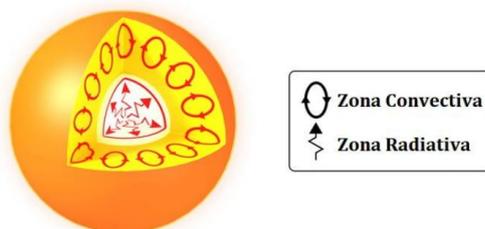


Figura 1

### Processos de propagação de energia térmica

Quando sistemas com diferentes temperaturas interagem, eles trocam energia térmica.

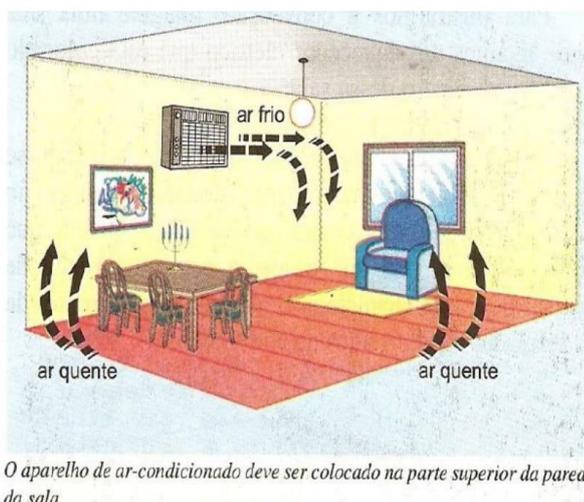
- Convecção térmica

É o processo de transferência de energia através do transporte de matéria devido a uma variação de densidade e a ação da gravidade.

Quando a temperatura aumenta, as partículas movem-se mais rapidamente, afastam-se uma das outras, o volume ocupado aumenta e o fluido fica menos denso. Essas partículas tendem a subir, ocupando o lugar das partículas que estão acima a uma temperatura inferior.

O conjunto de partículas mais frias (mais denso, menos agitado) desce, tomando o lugar que era ocupado pela parte mais quente.

Esse processo se repete inúmeras vezes enquanto o aquecimento é mantido dando origem às chamadas correntes de convecção.



O aparelho de ar-condicionado deve ser colocado na parte superior da parede da sala.

Figura 2

- **Condução térmica**

É o processo de transferência de energia através de um meio material, principalmente sólidos, no qual a energia térmica se propaga de partícula a partícula, sem transporte de matéria.

Um isolante térmico é qualquer tipo de material que dificulta a troca de energia na forma de calor. Exemplos: isopor, lã, vidro.

- **Radiação térmica**

É o processo de transferência de energia através de ondas eletromagnéticas (chamadas ondas de calor ou calor radiante) no qual a energia térmica pode se propagar pelo vácuo.

Estas radiações, ao serem absorvidas por outro corpo, provocam agitação de partículas e elevação de temperatura.

Um termômetro tão distante do Sol quanto a Terra está, recebendo radiação solar (ou seja, não estando na sombra), registra temperaturas semelhantes às que acontecem na superfície iluminada da Lua (cerca de 100°C). Caso esteja na “sombra” de algum corpo celeste, o termômetro registra temperaturas próxima ao zero absoluto (- 273 °C ou 0 K)

Apesar de não ser vista, a radiação pode ser percebida por terminações nervosas da pele conhecidas como termorreceptores.

Para enxergarmos a radiação térmica, é necessário usarmos métodos como o da termografia, uma técnica de registro gráfico de temperatura por detecção de radiação infravermelha.

Dos processos de propagação de energia térmica na forma de calor, a radiação térmica é a única capaz de superar a distância entre o Sol e a Terra (ondas eletromagnéticas viajam à velocidade da luz) e de superar o vácuo do espaço (não depende de um meio material, portanto não é influenciada pela baixíssima densidade de partículas).

Então, a energia produzida pelo Sol em seu núcleo é irradiada para todos as direções no espaço e parte dela atinge a superfície da Terra.

*E o que acontece com a energia quando chega à Terra?*

Ao entrar em contato com objetos ou corpos sólidos, a energia térmica pode causar a DILATAÇÃO TÉRMICA que é um aumento de comprimento, área ou volume (devido ao aumento de temperatura).

Para os corpos sólidos, existem três tipos:

- Linear:  $\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$

Descreve a dilatação para corpos como fios e barras

- Superficial:  $\Delta S = \beta \cdot L_0 \cdot \Delta T$  ( $\beta = 2\alpha$ )

Descreve a dilatação para corpos como chapas e placas

- Volumétrica:  $\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$  ( $\gamma = 3\alpha$ )

Descreve a dilatação para corpos sólidos e/ou cujas três dimensões são significativas

## Material de Leitura 4

### Aula 05 - As estrelas são fábricas de elementos químicos?

Uma das mais importantes investigações da astronomia moderna envolve a origem dos elementos químicos e a teoria do *Big Bang* traz parte da explicação: toda matéria do Universo foi criada de um estágio quente e concentrado. Quando analisamos uma cronologia do Universo baseada na teoria do *Big Bang*, vemos que conforme o tempo passa, os componentes que dão as características químicas às substâncias, os *elementos químicos*, vão adquirindo complexidade, vão se tornando mais pesados.

Nesta aula, vamos investigar de onde vem a energia necessária para que o universo saia de um estado inicial de partículas simples e elementares para um estado posterior de elementos químicos pesados e variados e se eles realmente surgem no interior das estrelas.

Para realizarmos essa investigação, vamos utilizar como instrumento mais um dos princípios da Termodinâmica.

#### ❖ PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Antes de falar explicitamente sobre a 1ª Lei, é necessário destacar CONCEITOS IMPORTANTES:

##### *Princípio da conservação de energia*

Na natureza, ocorrem várias transformações de uma forma de energia em outra. Por exemplo, a energia luminosa do Sol é a transformação da energia nuclear em energia radiante.

A conservação de energia é um princípio que descreve que, para processos energéticos como os citados, quando há diminuição de energia de um determinado tipo, deve haver aumento da mesma quantidade de energia em outras formas, de modo que a energia total seja constante.

Seu enunciado diz o seguinte: “*A energia não pode ser criada nem destruída apenas transformada de uma forma em outra, ou seja, a energia total permanece constante*”.

##### *Sistema termodinâmico*

É a parte do universo que estamos observando e estudando através de grandezas termodinâmicas. Quais grandezas são essas? *Pressão, volume e temperatura*.

##### *Sistema fechado*

É um sistema encerrado por uma fronteira que permite trocas de energia, mas não de matéria, entre o sistema e sua vizinhança.

##### *Trabalho e variação de energia interna de um sistema.*

A energia interna é um tipo de energia diretamente relacionada à temperatura e é melhor descrita como o conjunto total de energias cinética e potencial das partículas de um sistema.

Já o trabalho (W) é uma medida de transferência de energia pela aplicação de uma força (F) ao longo de um deslocamento (d). Em termos simples,  $W = F \times d$ .

Dito isso, agora podemos analisar energia transferida através de 2 conceitos: *trabalho e calor*.

Quando estamos analisando um *sistema termodinâmico*, como um gás dentro de um recipiente com um êmbolo móvel, por exemplo, é mais apropriado descrever o *trabalho* desse sistema (por exemplo,) em termos de grandezas termodinâmicas como *pressão* e *volume*. Quando variamos o estado do gás dado como exemplo, variando sua energia interna, e conseqüentemente, variando sua temperatura, ele se expande e, portanto, move o êmbolo que tampa um dos lados do recipiente. Se o gás moveu o êmbolo por uma variação de volume, isso significa que trabalho foi realizado, ou seja, o gás aplicou uma força sobre o êmbolo ao longo de um certo deslocamento (variação de posição).

$$W = F \times d$$

Considerando a área que o êmbolo possui e lembrando da definição que já vimos de pressão (força distribuída por área), substituiremos o F da expressão acima rearranjando a fórmula para pressão. Ao invés de escrevermos...

$$P = \frac{F}{A}$$

Vamos isolar o F de um dos lados da igualdade...

$$F = P \times A$$

Agora, podemos escrever trabalho do seguinte modo:

$$W = F \times d \Rightarrow W = P \times A \times d$$

Porém, área multiplicada pelo deslocamento do êmbolo ( $A \times d$ ) é igual a variação de volume ( $\Delta V$ ) que o gás sofreu e, portanto, podemos escrever trabalho (W) em termos de grandezas termodinâmicas:

$$W = P \times A \times d \Rightarrow W = P \times \Delta V$$

Trabalho é igual ao produto entre a pressão e a variação de volume do sistema.

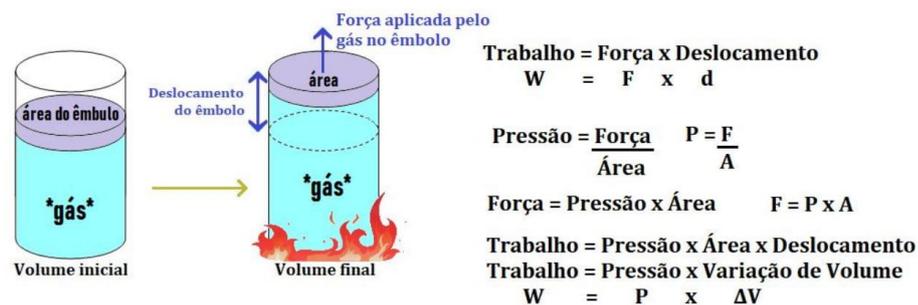


Figura 1

Visto todos os conceitos importantes listados, agora podemos partir para a Primeira Lei da Termodinâmica.

A 1ª Lei é um princípio que descreve a conservação de energia em um sistema fechado e seu enunciado é o seguinte:

“Em um sistema fechado, a variação da energia interna ( $\Delta U$ ) é igual à soma entre a quantidade de calor recebido pelo sistema ( $Q$ ) e o trabalho realizado ( $W$ )”.

$$\Delta U = Q + W$$

Em outras palavras, se tivermos um sistema fechado, o único modo da energia desse sistema variar é através dos dois modos que estudamos para a troca de energia: realizar *trabalho* e receber (ou fornecer) energia térmica na forma de *calor*.

O objetivo dessa aula, é investigarmos através da 1ª Lei, como é possível ir de um estado inicial de partículas simples e elementares para um estado posterior de elementos químicos pesados e variados e se esses elementos realmente surgem no interior das estrelas.

Vamos analisar novamente o processo de geração de energia das estrelas.

No interior de uma estrela como o Sol ocorre a transformação de um elemento mais leve, o hidrogênio, em um elemento mais pesado e complexo, o hélio.

Para isso, é necessário que os átomos de hidrogênio (que compõem o sistema “núcleo da estrela”) estejam agitadas, rápidas o suficiente (energia cinética) para se fundirem em um novo elemento.

Mas de onde vem a energia necessária para essa agitação dos átomos de hidrogênio?

O aumento de energia interna ( $\Delta U$ ) necessário para o núcleo da estrela transformar elementos químicos leves em elementos pesados virá do trabalho devido à ação da gravidade realizados pelas camadas intermediárias da estrela sobre o núcleo.

Se considerarmos lentas as transformações sofridas pelas estrelas, podemos tratá-las como transformações sem troca de calor ( $Q = 0$ ).

Toda a energia ( $\Delta U$ ) fornecida para o núcleo transformar elementos químicos virá do trabalho das camadas ao redor devido à ação da gravidade.

$$\Delta U = Q + W, Q = 0$$

$$\Delta U = W$$

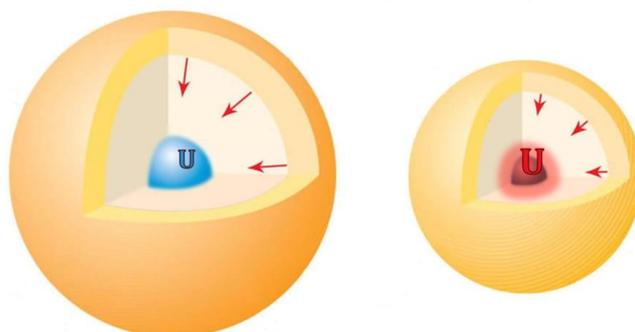


Figura 2

O trabalho ( $W$ ) realizado pelos gases presentes nas camadas ao redor do núcleo da estrela aumenta sua temperatura ( $T$ ) e, portanto, a agitação de suas partículas e sua energia interna ( $U$ ), deixando as partículas rápidas o suficiente para se fundirem em novos elementos. As camadas envolta do núcleo da estrela realizam trabalho ( $W$ ) devido à ação da gravidade.

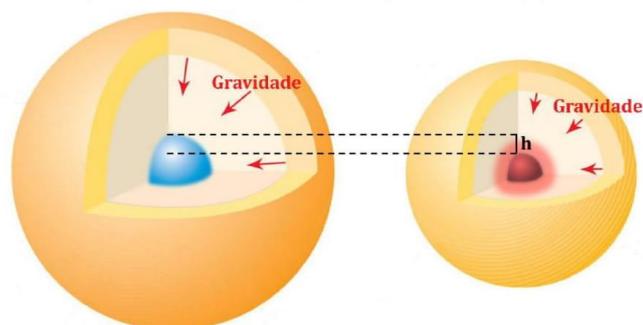


Figura 3

$$W = F \times d = \text{força gravitacional} \times \text{deslocamento} = mgh$$

Quanto maior a massa dessas camadas envolta do núcleo (e, conseqüentemente, quanto maior a massa de uma estrela), maior será o trabalho ( $W$ ) realizado ao comprimir núcleo. Se  $m$  aumenta,  $W$  aumenta.

Assim como o Sol é capaz de transformar hidrogênio em hélio, outras estrelas, também transformam elementos químicos em outros mais pesados por causa do trabalho devido à ação da gravidade de suas camadas intermediárias. Essa capacidade de transformar elementos se deve a características das estrelas tais como tamanho, massa e idade. Conforme a camada em que ocorre a transformação dos elementos vai se externalizando, elementos químicos mais pesados começam a fazer parte da constituição da estrela.

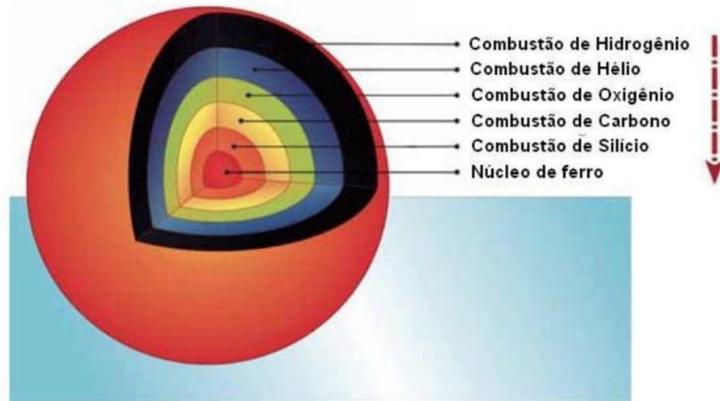


Figura 4

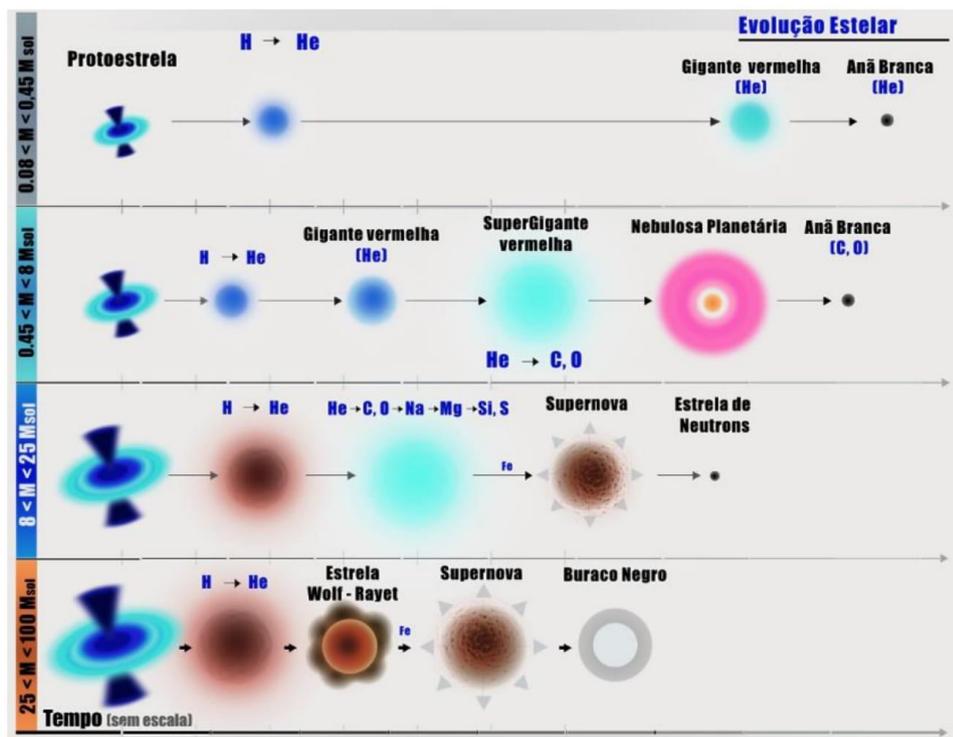


Figura 5

## Material de Leitura 5

### Aula 06 - O que são estrelas cefeidas?

Estrelas cefeidas, também conhecidas como “gigantes amarelas”, são estrelas que apresentam brilho variável.

O período de oscilação do brilho de uma estrela cefeida pode variar de 1 a 100 dias.

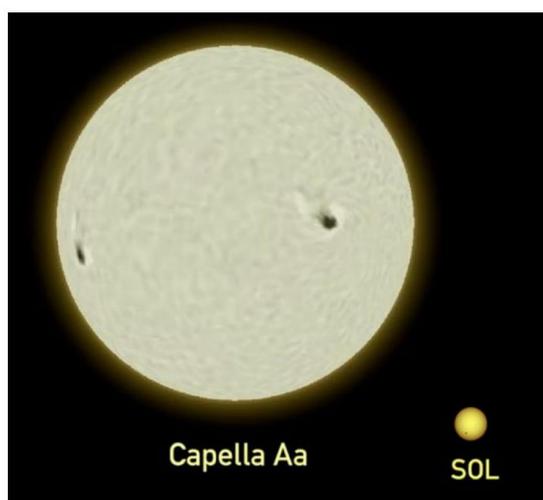


Figura 1 - Comparação de tamanho entre Capella Aa (estrela cefeida) e o Sol

#### ◆ O que causa o brilho variável das estrelas cefeidas?

Existem três propriedades principais que podemos observar nos gases.

**Pressão (P):** a pressão em um fluido representa a quantidade de choques das partículas entre si e entre as paredes do recipiente em que estão. O aumento de temperatura ou, em outras palavras, da agitação das partículas aumenta o número de colisões entre elas e as paredes do recipiente, elevando a pressão.

**Volume (V):** representa a capacidade armazenamento de um recipiente ou quanto espaço um fluido ocupa em um recipiente.

**Temperatura (T):** A temperatura representa a medida da agitação das partículas que compõem um objeto ou substância. Se a temperatura de um objeto aumentou, suas partículas adquiriram mais energia de movimento e agitam-se mais intensamente.

Entre essas três grandezas (pressão, volume e temperatura) existem relações de proporcionalidade.

Portanto, existe uma relação entre o estado inicial de um sistema e os diferentes estados finais que pode se chegar alterando essas propriedades.

$$\frac{PV}{T} = \text{constante}$$

O produto da pressão pelo volume (PV) dividido pela temperatura (T) é sempre um valor constante.

$$\frac{PV}{T} = nR$$

Esse valor constante é o produto entre o número de mols do sistema e a constante universal dos gases perfeitos.

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Considerando entre um estado inicial e um estado final, podemos reescrever a relação entre o estado inicial de um sistema e os diferentes estados finais que pode se chegar alterando pressão, volume e temperatura.

Lembrando que n é o número de mols de partículas presentes no sistema:

$$1 \text{ mol} = 6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} = 600000000000000000000000 \text{ moléculas}$$

Para descobrir a quantidade (de mols) de moléculas de um sistema (uma amostra de ar atmosférico, por exemplo) basta isolar n na equação:

$$PV = nRT$$

Vamos identificar, então, quais as *transformações termodinâmicas* capazes de levar um sistema de um estado inicial a um estado final.

- *Transformação isovolumétrica*: um gás modifica sua pressão e temperatura SEM ALTERAR O SEU VOLUME.

A pressão do gás é proporcional a temperatura  $\Rightarrow P \propto T$

Analisando pela 1ª Lei da Termodinâmica:  $Q = W + \Delta U \Rightarrow Q = \Delta U$

- *Transformação isobárica*: um gás modifica seu volume e temperatura SEM ALTERAR A SUA PRESSÃO.

O volume do gás é proporcional a temperatura  $\Rightarrow V \propto T$

Analisando pela 1ª Lei da Termodinâmica:  $Q = W + \Delta U$

Se o gás for comprimido:  $\Delta U < 0$

Se o gás expandir:  $\Delta U > 0$

- *Transformação isotérmica*: um gás modifica seu volume e pressão SEM ALTERAR A SUA TEMPERATURA.

A pressão do gás será inversamente proporcional ao seu volume  $\Rightarrow P \propto \frac{1}{V}$

$$Q = W + \Delta U \Rightarrow Q = W$$

- *Transformação adiabática*: um gás modifica sua pressão e temperatura e volume SEM RECEBER OU CEDER ENERGIA TÉRMICA NA FORMA DE CALOR.

$$Q = W + \Delta U \Rightarrow Q = 0$$

$$0 = W + \Delta U \Rightarrow W = - \Delta U$$

As estrelas cefeidas possuem brilho variável porque sofrem transformações termodinâmicas comuns a todas as estrelas, porém de modo bem mais frequente, regular e em quatro etapas específicas.

1 - A camada de hélio recebe energia do núcleo da estrela por radiação, aumenta a temperatura e pressão, mas mantendo o volume constante desta camada (transformação isométrica).

2 - Essa camada atinge uma pressão suficiente para vencer a pressão das camadas mais externas. Assim, ela expande, aumentando seu volume e temperatura, mas mantendo sua pressão constante (transformação isobárica).

3 - A camada deixa de expandir, pois seus gases deixam de absorver energia do núcleo e o volume se manterá inalterado, mas diminuirá a pressão e temperatura (transformação isométrica).

4 - Após esfriar, essa camada começa a ser comprimida pelas camadas mais externas e a temperatura começará a aumentar, o volume diminuirá, mas a pressão permanecerá constante (transformação isobárica).

## Material de Leitura 6

### Aula 07 - Como será o fim do Universo?

Para estudarmos o fim do Universo através de parâmetros termodinâmicos, será necessário falarmos de mais um dos princípios desta área da Física...

#### ❖ Segunda Lei da Termodinâmica

Existem diversos enunciados para a 2ª Lei, mas, para responder a questão da nossa última aula, vamos nos focar em duas variações:

"É impossível transformar toda energia na forma de calor em trabalho".

"É impossível haver transferência espontânea de energia na forma de calor de um objeto frio para outro mais quente."

O que significam esses dois enunciados?

O primeiro deles afirma que depois de transformarmos uma primeira forma de energia em uma segunda forma, a utilidade (rendimento ou *capacidade de realizar trabalho*) dessa segunda forma de energia é menor do que a da primeira.

*Pense no rendimento do combustível presente em automóveis!*

Depois de realizada a combustão, ou seja, depois da energia química acumulada e organizada ser transformada em energia térmica e cinética é impossível reutilizar essa energia e esses componentes já queimados para outro motor de automóvel.

O segundo enunciado trata sobre a irreversibilidade de um processo energético.

Processos como xícaras que se quebram ao cair no chão, pilhas de lanterna que se descarregam, gelo que se derrete dentro de um copo de refrigerante podem ocorrer em um sentido, mas não ocorrem, espontaneamente, no sentido oposto. São *processos de mão única*.

A conservação de energia ocorre em toda transformação, porém as transformações termodinâmicas ocorrem espontaneamente em um sentido único por isso são chamadas de *processos irreversíveis*.



Figura 1

Nos processos reversíveis o sistema pode retornar a situação inicial como, por exemplo, o balanço de um pêndulo ou de um sistema massa-mola ideal.

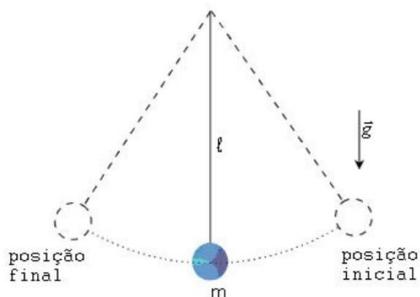


Figura 2

Nos processos irreversíveis, não há como *espontaneamente* retornar a situação inicial. É isso o que ocorre com processos reais como, por exemplo, o cubo de gelo que recebe energia na forma de calor da água líquida na temperatura ambiente, mas não cede calor para a água. A energia que é transformada em energia térmica fica indisponível para a realização de trabalho.

Essa indisponibilidade da energia para a realização de trabalho ocorre devido à existência desses processos em que não há como a energia térmica se transformar em energia potencial novamente, como ocorre com a energia cinética.

Qualquer forma de energia se degrada quando se transforma em calor. Essa degradação da energia de um sistema, ou *universo*, é expressa por uma grandeza denominada ENTROPIA.

O conceito de entropia associa-se ao grau de desordem de um sistema: quanto maior a desordem do sistema, maior é a entropia e menor é a quantidade de energia utilizável.

Qualquer transferência reduz a quantidade de energia utilizável disponível para realizar trabalho e aumenta a entropia.

No caso mais ideal, essa a quantidade de energia utilizável se mantém inalterada e a entropia tende a permanecer constante.

A partir do conceito de entropia, é possível construir mais variações de enunciados da 2ª Lei:

"Todo sistema físico sempre evolui, espontaneamente, para situações de máxima entropia."

"Todo sistema natural, quando deixado livre, evolui para um estado de máxima desordem, correspondente a uma entropia máxima."

Visto o conceito de entropia, vamos voltar a falar do fim do Universo, começando pelos buracos negros, já que eles representam o período final da vida de alguns tipos de estrelas.

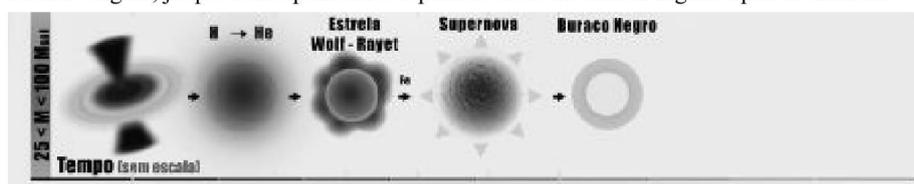


Figura 3

Um buraco negro absorve tudo ao seu redor. Como nem a luz escapa dos buracos negros, não podemos saber diretamente de nada do que se passa dentro deles, pois não podemos enxergar. Se um buraco negro absorve toda a matéria ao seu redor, ele deve absorver toda a entropia dessa matéria, toda a *desordem*, porém não há nem um fenômeno no seu “horizonte de eventos” que compense essa perda de entropia do Universo, então...

Será que a Segunda Lei da Termodinâmica é violada nas proximidades de buracos negros e, portanto, outras leis da Física são violadas???

Para se analisar essa situação mantendo a validade da 2ª Lei, foi proposto que:

- Buracos negros deveriam ter uma entropia que deveria crescer conforme a quantidade de matéria absorvida fosse aumentando.

Mas ao calcular essa entropia, foram encontrados números *enormes*...

Para se aceitar esses resultados, era necessário aceitar que:

- Os átomos e moléculas engolidos pelo buraco negro estariam em um tremendo grau de desordem.
- Se o buraco negro tem entropia, ele também tem uma temperatura. E, se tem temperatura, deve emitir *radiação*.

E é aí que entra o trabalho de Stephen Hawking...

A Radiação Hawking é um tipo de radiação térmica emitida por buracos negros e sua existência foi proposta em 1974.

Essa radiação permite aos buracos negros perder massa, e, portanto, energia de forma que ao final de sua vida possam encolher e finalmente desaparecer, mantendo-se, assim, como processos naturais que tendem para a desordem, ou seja, para um aumento de entropia...

O nosso Universo, em virtude desses processos naturais, tende para um estado de “desordem” maior e uniformidade geral, assim, a energia disponível para realizar trabalho útil irá diminuir e todos os processos físicos, químicos etc... cessarão, atingindo uma situação limite denominada de Morte Térmica.

Mas cuidado!

A energia total do universo vai se manter constante!

O que está diminuindo é a quantidade de energia disponível para a realização de trabalho, enquanto a entropia do Universo estiver aumentando.

Para aceitarmos a Morte Térmica como fim do Universo como verídica para a termodinâmica, seria necessário que o Universo fosse um sistema isolado, isto é, fechado, sem influências externas...

Mas se o Universo é isolado, é isolado do quê???

Ainda não sabemos se não há nada além do Universo...

A Termodinâmica é aplicada a sistemas simples, então, será que pode ser aplicada a sistemas tão grandes quanto o Universo?



8. (Unirio-RJ) No café da manhã de uma fábrica, é oferecida aos funcionários certa quantidade de café com leite, misturados com massas iguais, obtendo-se uma mistura a uma temperatura igual a 50 °C. Supondo que o café e o leite têm a mesma capacidade de trocar calor, indique qual é a temperatura que o café deve ter ao ser adicionado ao leite, caso o leite esteja a uma temperatura inicial de 30 °C.

9. (UNESP-SP, adaptada) Quando uma médica coloca um termômetro clínico tradicional de mercúrio sob a língua de um paciente, por exemplo, ela sempre aguarda um tempo razoável antes de fazer a sua leitura. Esse intervalo de tempo é necessário...

- para que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo do paciente.
- para que o mercúrio, que é muito pesado, possa subir pelo tubo capilar.
- para que o mercúrio passe pelo estrangulamento do tubo capilar.
- devido à diferença as quantidades de calor do mercúrio e do corpo humano.

10. Algumas lojas místicas vendem um dispositivo lúdico composto de duas seções ligadas por um tubo, um líquido e um gás. Segundo esses estabelecimentos, que o chamam de “amuleto do amor”, se um casal apoiar as mãos nele e o líquido subir e borbulhar bastante, significa que a sintonia entre os dois é máxima e eles são “almas gêmeas”. Explique, com as suas palavras, como a Física define este fenômeno.

11. (UFRJ, adaptada) Considere quatro objetos A, B, C e D. Observou-se que A e B estão em equilíbrio térmico entre si. O mesmo para C e D. Entretanto, A e C não estão em equilíbrio térmico entre si. Qual das alternativas a seguir está correta?

- B e D estão à mesma temperatura.
- B e D não estão à mesma temperatura.
- B e D podem estar em equilíbrio térmico, mas também não estar.
- A Lei Zero da Termodinâmica não se aplica a casos com mais de três objetos.

12. Os pirômetros são instrumentos de medida de temperatura, mas, dependendo do modelo, também podem ser usados para medir dilatação em fios ou barras de metais. Quando usado em uma barra de metal que será colocada em um forno industrial, um pirômetro indica uma dilatação ( $\Delta L$ ) de 1% no comprimento da barra em relação ao seu comprimento inicial ( $L_0$ ). Sabe-se que tal barra se encontrava a uma temperatura inicial de 20 °C. Se o coeficiente linear do material da barra vale  $12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , determine a temperatura do forno.

13. (CFT-MG) Durante a compressão de um sistema gasoso, sob a ação de uma força constante...

- a temperatura do gás é invariável.
- a energia interna permanece a mesma.
- o trabalho realizado sobre o gás é negativo.
- o calor trocado com a vizinhança é nulo.

14. (Fuvest-SP) Em algumas situações de resgate, bombeiros utilizam cilindros de ar comprimido para garantir condições normais de respiração em ambientes com gases tóxicos. Esses cilindros, cujas características estão indicadas na tabela, alimentam máscaras que se acoplam ao nariz. Quando acionados, os cilindros fornecem para a respiração, a cada minuto, cerca de 40 litros de ar, à pressão atmosférica e temperatura ambiente. Nesse caso, a duração do ar de um desses cilindros seria de aproximadamente:

| Cilindro para respiração |               |
|--------------------------|---------------|
| gás                      | ar comprimido |
| volume                   | 9 litros      |
| pressão interna          | 200 atm       |

Pressão atmosférica local: 1 atm

A temperatura todo o processo permanece constante

- 20 minutos
- 30 minutos
- 45 minutos
- 60 minutos

15. Calcule a dilatação de uma esfera de raio 60000 km ao aumentar sua temperatura de 4000 K para 4500 K ( $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ).

16. (UFMG) Um cilindro é fechado por um êmbolo que pode se mover livremente. Um gás, dentro do cilindro, está sendo aquecido. Com base nessas informações, é correto afirmar que, nesse processo:

- a pressão do gás aumenta e o aumento da sua energia interna é menor que o calor fornecido
- a pressão do gás permanece constante e o aumento da sua energia interna é igual ao calor fornecido
- a pressão do gás aumenta e o aumento da sua energia interna é igual ao calor fornecido
- a pressão do gás permanece constante e o aumento da sua energia interna é menor que o calor fornecido

17. (UEPG-PR) A figura mostra dois frascos de vidro (1 e 2), vazios, ambos com tampas de um mesmo material indeformável, que é diferente do vidro. As duas tampas estão plenamente ajustadas aos frascos, uma internamente e outra externamente.



No que diz respeito à dilatabilidade desses materiais, e considerando que  $\alpha_v$  é o coeficiente de expansão dos vidros e que  $\alpha_t$  é o coeficiente de expansão das duas tampas, assinale o que for correto.

- Sendo  $\alpha_t$  menor que  $\alpha_v$ , se elevarmos a temperatura dos dois conjuntos, o vidro 1 se romperá.
- Sendo  $\alpha_t$  maior que  $\alpha_v$ , se elevarmos a temperatura dos dois conjuntos, o vidro 2 se romperá.
- Sendo  $\alpha_t$  menor que  $\alpha_v$ , se elevarmos a temperatura dos dois conjuntos, ambos se romperão
- Sendo  $\alpha_t$  maior que  $\alpha_v$ , se elevarmos a temperatura dos dois conjuntos, o vidro 1 se romperá.

18. (UFRN) Certos povos nômades que vivem no deserto onde as temperaturas durante o dia podem chegar a  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  usam roupas de lã branca para se protegerem do intenso calor da atmosfera. Essa atitude pode parecer-nos estranha, pois, no Brasil, usamos a lã para nos protegermos do frio. Explique, com as suas palavras, como a Física explica esse procedimento dos povos do deserto.

19. Considere que as camadas intermediárias de uma estrela cefeida realizam 200 J de trabalho sobre o núcleo e, nesse processo, 293 J de calor são extraídos dele. Usando a 1ª Lei da Termodinâmica, quais os valores (incluindo sinais algébricos) de:

- W
- Q
- $\Delta U$

20. (ULBRA, adaptada) As grandezas que definem essencialmente o estado de um gás são:

- somente pressão e volume
- apenas volume e temperatura
- massa e volume
- temperatura, volume e pressão

21. (ENEM)

É sempre bom lembrar, que um copo vazio está cheio de ar.

Que o ar no copo ocupa o lugar do vinho  
Que o vinho busca ocupar o lugar da dor  
Que a dor ocupa a metade da verdade  
A verdadeira natureza interior

*Gilberto Gil. "Copo Vazio"*

Tendo como referência o poema de Gilberto Gil e com base nas propriedades e leis que regem a fase gasosa, assinale a alternativa INCORRETA:

- É impossível ceder calor a um gás e sua temperatura não sofrer variação.
- Volumes iguais de gases diferentes, desde que nas mesmas condições de pressão e temperatura, contêm o mesmo número de moléculas.
- A energia cinética média de translação das moléculas de um gás - qualquer que seja ele - é proporcional à sua temperatura.
- Se for fornecida a mesma quantidade de calor a uma certa massa de gás, ela se aquecerá mais se estiver mantida num volume constante do que sob pressão constante.

22. Num dia em que a temperatura ambiente é de  $27^{\circ}\text{C}$ , um estudante coleta uma amostra do ar atmosférico à pressão normal em um frasco de  $500\text{ cm}^3$  ( $0,0005\text{ m}^3$ ).

Estime a ordem de grandeza do número total de moléculas desta amostra.

- a) 11
- b) 22
- c) 44
- d) 88

23. (PUC-MG) Um balão de aniversário, cheio de gás Hélio, solta-se da mão de uma criança, subindo até grandes altitudes.

Durante a subida, é CORRETO afirmar:

- a) O volume do balão diminui.
- b) A pressão do gás no interior do balão aumenta.
- c) O volume do balão aumenta.
- d) O volume do balão permanece constante.

24. (FGV-SP) Na Coreia do Sul, a caça submarina é uma profissão feminina por tradição. As *Haenyeos* são “mulheres-peixe” que ganham dinheiro mergulhando atrás de frutos do mar e crustáceos. O trabalho é realizado com equipamentos precários o que não impede a enorme resistência dessas senhoras que conseguem submergir por dois minutos e descer até 20 metros abaixo da superfície.

(“Revista dos Curiosos”, 2003)

Supondo que o ar contido nos pulmões de uma dessas mergulhadoras não sofresse variação significativa de temperatura e se comportasse como um gás ideal, e levando em conta que a pressão exercida por uma coluna de água de 10m de altura equivale aproximadamente a 1 atm, a relação entre o volume do ar contido nos pulmões, durante um desses mergulhos de 20m de profundidade, e o volume que esse ar ocuparia ao nível do mar, se a estrutura óssea e muscular do tórax não oferecesse resistência, corresponderia, aproximadamente, a

Dado: pressão na superfície da água = 1 atm

- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 0,6
- d) 1,0

25. (UEPG-GO, adaptada) A respeito do funcionamento da panela de pressão, assinale cada afirmação como verdadeira (V) ou falsa (F).

( ) De acordo com a lei dos gases, as variáveis envolvidas no processo são pressão, volume e temperatura.

( ) O aumento da pressão no interior da panela afeta o ponto de ebulição da água.

( ) A quantidade de calor doado ao sistema deve ser constante, para evitar que a panela venha a explodir.

( ) A quantidade de calor doado ao sistema deve ser constante, para evitar que a panela venha a explodir.

( ) O tempo de cozimento dos alimentos dentro de uma panela de pressão é menor porque eles ficam submetidos a temperaturas superiores a  $100^{\circ}\text{C}$ .

26. (ENEM) Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores a combustão e reduzir suas emissões de poluentes é a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: [www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br)

Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante

- a) o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
- b) um dos princípios da termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
- c) o funcionamento cíclico de todos os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.
- d) as forças de atrito inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que com o tempo levam qualquer material à fadiga e ruptura.

### LISTAS DE EXERCÍCIOS - GABARITO

1. (ULBRA, adaptada) Analise as afirmações:

- I. A energia térmica é a medida do grau de agitação de partículas um sistema.
- II. A temperatura pode ser entendida como uma propriedade que permite dizer se dois corpos estão em equilíbrio térmico, assim como o grau de agitação das partículas.
- III. Temperatura e energia térmica são a mesma coisa.
- IV. A energia interna de um sistema é a energia total associada a suas partículas.

Estão corretas:

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) II e IV.
- d) I, II e III.

*Justificativa:*

*I - errada, pois o enunciado descreve temperatura, não energia térmica.*

*II - errada, pois energia térmica e temperatura não são o mesmo; caso fossem, a afirmação I estaria correta.*

2. (AFA-SP, adaptada) Assinale a alternativa certa.

- a) Calor é um sinônimo de temperatura em um sistema.
- b) Calor é uma forma de energia contida no sistema.
- c) Calor é uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
- d) Calor é energia em trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.

*Justificativa:*

*a) errada, pois calor e temperatura não são o mesmo.*

*b) errada, pois calor não pode ser contido; é energia térmica em movimento.*

*c) errada, pois dá a entender que calor é propriedade contida por corpos quentes.*

3. Classifique como V (verdadeira) ou F (falsa) as sentenças a seguir.

- (F) Depois de receber calor, um corpo fica mais pesado.
- (V) Ao receber calor, um corpo fica com suas partículas mais agitadas
- (V) A temperatura de um corpo frio é baixa, e a de um corpo quente é alta.
- (F) Num corpo gelado não há agitação das partículas.
- (V) Partículas vibram menos num corpo gelado do que num corpo quente.
- (V) Quando um corpo esfria, sua energia térmica diminui.
- (V) Ao ser resfriado, um corpo cede calor.
- (F) Ao ser resfriado, um corpo recebe frio.

4. Uma moqueca de peixe servida em uma travessa de barro permanece mais tempo quente do que uma moqueca servida em uma travessa de vidro. Explique, com as suas palavras, como a Física define este fenômeno.

*Resposta: O vidro conduz mais a energia térmica, ou seja, é mais propenso a facilitar a troca de energia térmica com o ar ambiente do que o barro.*

5. Aline é muito interessada em astronomia e frequentemente acompanha notícias e curiosidades pelo *twitter* da NASA. Um dia, lendo sobre a estrela mais próxima do Sol, ela se depara com a seguinte informação: “A temperatura superficial da estrela Proxima Centauri é de aproximadamente 4346,6 °F”. Aline nunca havia realmente notado que as publicações da NASA muitas vezes denotam temperatura em graus Fahrenheit e, para

ter uma melhor ideia da magnitude dessa temperatura, ela resolveu converter o valor para a escala Kelvin. Qual foi o valor, na escala Kelvin, da temperatura superficial de Próxima Centauri obtido por Aline?

*Resolução:*

$$\frac{T_f - 32}{9} = \frac{T_k - 273}{5} \Rightarrow \frac{4314,6}{9} = 479,4 = \frac{T_k - 273}{5} = 5 \cdot 479,4 = T_k - 273 = 2397 \Rightarrow T_k = 2670 \text{ K}$$

6. (UPM-SP) Um turista brasileiro sente-se mal e é levado inconsciente a um hospital. Após recuperar os sentidos, sem saber em que lugar estava, é informado de que a temperatura de seu corpo atingira 104 graus, mas que já caíra de 5,4 graus. Passado o susto, percebeu que a escala termométrica utilizada era o Fahrenheit. Desta forma, na escala Celsius, a queda de temperatura de seu corpo foi de:

- a) 1,8 °C                                      b) 3,0 °C                                      c) 5,4 °C                                      d) 6,0 °C

*Resolução:*

$$1^\circ \text{ passo: } \frac{T_f - 32}{9} = \frac{T_c}{5} \Rightarrow \frac{104 - 32}{9} = \frac{T_c}{5} \Rightarrow \frac{72}{9} \cdot 5 = T_c = 8 \cdot 5 = 40$$

2º passo: a temperatura cai 5,4 °F, então  $T_f = (104 - 5,4) \text{ °F} = 98,6 \text{ °F}$

$$\frac{T_f - 32}{9} = \frac{T_c}{5} \Rightarrow \frac{98,6 - 32}{9} = \frac{T_c}{5} \Rightarrow \frac{66,6}{9} \cdot 5 = T_c = 7,4 \cdot 5 = 37$$

A questão pede a queda de temperatura em graus Celsius, portanto,  $\Delta C = (40 - 37) \text{ °C} = 3 \text{ °C}$ .

7. As partículas de dois corpos feitos de um mesmo material, mas de tamanhos diferentes, vibram com igual intensidade. O que se pode dizer sobre a temperatura de cada um deles?

*Resposta: A temperatura deles é igual, porque suas partículas estão agitadas à mesma intensidade.*

8. (Unirio-RJ) No café da manhã de uma fábrica, é oferecida aos funcionários certa quantidade de café com leite, misturados com massas iguais, obtendo-se uma mistura a uma temperatura igual a 50 °C. Supondo que o café e o leite têm a mesma capacidade de trocar calor, indique qual é a temperatura que o café deve ter ao ser adicionado ao leite, caso o leite esteja a uma temperatura inicial de 30 °C.

Como se trata da mesma massa com a mesma capacidade de trocar calor, a temperatura de equilíbrio é o ponto médio da temperatura mais alta e mais baixa. Assim a temperatura inicial do café é 70 °C.

$$T_{\text{mistura}} = \frac{T_{\text{café}} + T_{\text{leite}}}{2} \Rightarrow 50 \text{ °C} = \frac{T_{\text{café}} + 30 \text{ °C}}{2} \Rightarrow T_{\text{café}} = 2 \cdot (50 \text{ °C}) + 30 \text{ °C} = 70 \text{ °C}$$

9. (UNESP-SP, adaptada) Quando uma médica coloca um termômetro clínico tradicional de mercúrio sob a língua de um paciente, por exemplo, ela sempre aguarda um tempo razoável antes de fazer a sua leitura. Esse intervalo de tempo é necessário...

- a) para que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo do paciente.  
b) para que o mercúrio, que é muito pesado, possa subir pelo tubo capilar.  
c) para que o mercúrio passe pelo estrangulamento do tubo capilar.  
d) devido à diferença as quantidades de calor do mercúrio e do corpo humano.

*Justificativa:*

- b) o peso não está relacionado com o processo termodinâmico analisado.  
c) o estrangulamento não é um obstáculo considerável.  
d) devido à diferença entre as TEMPERATURAS.

10. Algumas lojas místicas vendem um dispositivo lúdico composto de duas seções ligadas por um tubo, um líquido e um gás. Segundo esses estabelecimentos, que o chamam de “amuleto do amor”, se um casal apoiar as mãos nele e o líquido subir e borbulhar bastante, significa que a sintonia entre os dois é máxima e eles são “almas gêmeas”. Explique, com as suas palavras, como a Física define este fenômeno.

*Justificativa: O dispositivo funciona com a energia térmica das mãos. Se o casal tiver mãos bem quentes, o líquido e o gás no compartimento de baixo serão aquecidos. Como ocorrem a dilatação e o aumento da pressão interna da parte inferior, o líquido é empurrado para cima. Quanto maior a diferença de temperatura entre as mãos e o dispositivo, maior o efeito observado.*

11. (UFRJ, adaptada) Considere quatro objetos A, B, C e D. Observou-se que A e B estão em equilíbrio térmico entre si. O mesmo para C e D. Entretanto, A e C não estão em equilíbrio térmico entre si. Qual das alternativas a seguir está correta?

- B e D estão à mesma temperatura.
- B e D não estão à mesma temperatura.
- B e D podem estar em equilíbrio térmico, mas também não estar.
- A Lei Zero da Termodinâmica não se aplica a casos com mais de três objetos.

*Justificativa:*

- se os sistemas AB e CD não estão em equilíbrio térmico, não estão à mesma temperatura, portanto,  $T_b \neq T_d$ .*
- utilizando os preceitos da Lei Zero, eles não estão em equilíbrio térmico.*
- A Lei Zero não trata explicitamente de mais de três objetos, mas é facilmente generalizável.*

12. Os pirômetros são instrumentos de medida de temperatura, mas, dependendo do modelo, também podem ser usados para medir dilatação em fios ou barras de metais. Quando usado em uma barra de metal que será colocada em um forno industrial, um pirômetro indica uma dilatação ( $\Delta L$ ) de 1% no comprimento da barra em relação ao seu comprimento inicial ( $L_0$ ). Sabe-se que tal barra se encontrava a uma temperatura inicial de 20 °C. Se o coeficiente linear do material da barra vale  $12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , determine a temperatura do forno.

Resolução:

*A dilatação da barra é de 1% do seu comprimento inicial, ou seja,  $\Delta L = 1\%L_0 = \frac{1}{100} L_0$ .*

*Logo, podemos escrever  $\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$*

*como  $\frac{1}{100} L_0 = 12 \cdot 10^{-6} \cdot L_0 \cdot \Delta T$*

*$\frac{1}{100} = 12 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T$*

*e então  $\Delta T = \frac{1}{100 \cdot 12 \cdot 10^{-6}} = 833 \text{ }^\circ\text{C}$*

*Como a barra permanecerá no forno, ela entrará em equilíbrio térmico com o forno e, portanto,  $\Delta T$  é a temperatura do forno industrial também.*

13. (CFT-MG) Durante a compressão de um sistema gasoso, sob a ação de uma força constante...

- a temperatura do gás é invariável.
- a energia interna permanece a mesma.
- o trabalho realizado sobre o gás é negativo.
- o calor trocado com a vizinhança é nulo.

*Justificativa: compressão pela ação de uma força constante é o mesmo que dizer que foi realizado trabalho sobre o sistema e, portanto,  $W < 0$ .*

14. (Fuvest-SP) Em algumas situações de resgate, bombeiros utilizam cilindros de ar comprimido para garantir condições normais de respiração em ambientes com gases tóxicos. Esses cilindros, cujas características estão indicadas na tabela, alimentam máscaras que se acoplam ao nariz. Quando acionados, os cilindros fornecem para a respiração, a cada minuto, cerca de 40 litros de ar, à pressão atmosférica e temperatura ambiente. Nesse caso, a duração do ar de um desses cilindros seria de aproximadamente:

| Cilindro para respiração |               |
|--------------------------|---------------|
| gás                      | ar comprimido |
| volume                   | 9 litros      |
| pressão interna          | 200 atm       |

Pressão atmosférica local: 1 atm

A temperatura todo o processo permanece constante

- a) 20 minutos
- b) 30 minutos
- c) 45 minutos
- d) 60 minutos

*Justificativa: Na expansão isotérmica do ar comprimido, podemos utilizar a lei  $p_1V_1 = p_2V_2$ , portanto*

$$200 \cdot 9 = 1 \cdot V_2$$

$$V_2 = 1800 \text{ L}$$

*Como a vazão  $\varphi$  foi de 40 L/min, temos:*

$$\varphi = V_2 / \Delta t \Rightarrow \Delta t = V_2 / \varphi = 1800/40 = 45 \text{ min}$$

15. Calcule a dilatação de uma esfera de raio 60000 km ao aumentar sua temperatura de 4000 K para 4500 K ( $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ).

$$\text{Resposta: } \gamma = 3\alpha = 3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi r_0^3 = \frac{4}{3} (3,14) (60000)^3 = 251200 \text{ km}^3$$

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T = (4,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}) \cdot (251200 \text{ km}^3) \cdot (4500 \text{ K} - 4000 \text{ K}) = 5652 \text{ km}^3$$

16. (UFMG) Um cilindro é fechado por um êmbolo que pode se mover livremente. Um gás, dentro do cilindro, está sendo aquecido. Com base nessas informações, é correto afirmar que, nesse processo:

- a) a pressão do gás aumenta e o aumento da sua energia interna é menor que o calor fornecido
- b) a pressão do gás permanece constante e o aumento da sua energia interna é igual ao calor fornecido
- c) a pressão do gás aumenta e o aumento da sua energia interna é igual ao calor fornecido
- d) a pressão do gás permanece constante e o aumento da sua energia interna é menor que o calor fornecido

*Justificativa: a pressão do gás aumentará pela variação positiva de temperatura e o aumento da sua energia interna será igual a  $\Delta U = Q - W$ , portanto, não será igual ao calor fornecido.*

17. (UEPG-PR) A figura mostra dois frascos de vidro (1 e 2), vazios, ambos com tampas de um mesmo material indeformável, que é diferente do vidro. As duas tampas estão plenamente ajustadas aos frascos, uma internamente e outra externamente.



No que diz respeito à dilatabilidade desses materiais, e considerando que  $\alpha_v$  é o coeficiente de expansão dos vidros e que  $\alpha_t$  é o coeficiente de expansão das duas tampas, assinale o que for correto.

- Sendo  $\alpha_t$  menor que  $\alpha_v$ , se elevarmos a temperatura dos dois conjuntos, o vidro 1 se romperá.
- Sendo  $\alpha_t$  maior que  $\alpha_v$ , se elevarmos a temperatura dos dois conjuntos, o vidro 2 se romperá.
- Sendo  $\alpha_t$  menor que  $\alpha_v$ , se elevarmos a temperatura dos dois conjuntos, ambos se romperão
- Sendo  $\alpha_t$  maior que  $\alpha_v$ , se elevarmos a temperatura dos dois conjuntos, o vidro 1 se romperá.

18. (UFRN) Certos povos nômades que vivem no deserto onde as temperaturas durante o dia podem chegar a 50 °C usam roupas de lã branca para se protegerem do intenso calor da atmosfera. Essa atitude pode parecer-nos estranha, pois, no Brasil, usamos a lã para nos protegermos do frio. Explique, com as suas palavras, como a Física explica esse procedimento dos povos do deserto.

*Resposta: a lã é um bom isolante térmico, impedindo que o calor de fora chegue aos corpos das pessoas, e o branco reflete bem a luz em todas as cores, evitando que a luz do sol os aqueça ainda mais.*

19. Considere que as camadas intermediárias de uma estrela cefeida realizam 200 J de trabalho sobre o núcleo e, nesse processo, 293 J de calor são extraídos dele. Usando a 1ª Lei da Termodinâmica, quais os valores (incluindo sinais algébricos) de:

- W
- Q
- $\Delta U$

*Resolução:  $|W| = 200 \text{ J}$ , "trabalho sobre o núcleo" =  $W > 0$ , - W*

*$|Q| = 293 \text{ J}$ , "calor extraído" =  $Q < 0$ , - Q*

*$\Delta U = - Q - W = - 293 - 200 = - 493 \text{ J}$*

20. (ULBRA, adaptada) As grandezas que definem essencialmente o estado de um gás são:

- somente pressão e volume
- apenas volume e temperatura
- massa e volume
- temperatura, volume e pressão

*Justificativa: a Lei Geral dos Gases dita que o produto de pressão por volume dividido pela temperatura é uma constante, por tanto, são as grandezas essenciais para descrever seu estado.*

21. (ENEM)

É sempre bom lembrar, que um copo vazio está cheio de ar.

Que o ar no copo ocupa o lugar do vinho

Que o vinho busca ocupar o lugar da dor

Que a dor ocupa a metade da verdade

A verdadeira natureza interior

*Gilberto Gil. "Copo Vazio"*

Tendo como referência o poema de Gilberto Gil e com base nas propriedades e leis que regem a fase gasosa, assinale a alternativa INCORRETA:

- a) *É impossível ceder calor a um gás e sua temperatura não sofrer variação.*
- b) Volumes iguais de gases diferentes, desde que nas mesmas condições de pressão e temperatura, contêm o mesmo número de moléculas.
- c) A energia cinética média de translação das moléculas de um gás - qualquer que seja ele - é proporcional à sua temperatura.
- d) Se for fornecida a mesma quantidade de calor a uma certa massa de gás, ela se aquecerá mais se estiver mantida num volume constante do que sob pressão constante.

*Justificativa: uma transformação isotérmica é uma transformação na qual calor é cedido a um gás, mas apenas volume e pressão variam.*

22. Num dia em que a temperatura ambiente é de 27°C, um estudante coleta uma amostra do ar atmosférico à pressão normal (1 atm) em um frasco de 500 ml (0,5 L).

Estime a ordem de grandeza do número total de moléculas desta amostra.

- a) 11
- b) 22
- c) 44
- d) 88

$$\text{Resolução: } n = \frac{PV}{TR} = \frac{(1 \text{ atm})(0,5 \text{ L})}{(300,15 \text{ K})(0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{K}})} = \frac{0,5}{24,6123} \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} = 6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$0,2 \text{ mol} = x \text{ moléculas}$$

$$x = 1,22 \cdot 10^{22} \text{ moléculas}$$

23. (PUC-MG) Um balão de aniversário, cheio de gás Hélio, solta-se da mão de uma criança, subindo até grandes altitudes.

Durante a subida, é CORRETO afirmar:

- a) O volume do balão diminui.
- b) A pressão do gás no interior do balão aumenta.
- c) O volume do balão aumenta.
- d) O volume do balão permanece constante.

*Justificativa: a pressão do meio (atmosfera) sobre o balão vai diminuindo e a pressão do hélio no interior do balão vai aumentando.*

24. (FGV-SP) Na Coréia do Sul, a caça submarina é uma profissão feminina por tradição. As *Haenyeos* são “mulheres-peixe” que ganham dinheiro mergulhando atrás de frutos do mar e crustáceos. O trabalho é realizado com equipamentos precários o que não impede a enorme resistência dessas senhoras que conseguem submergir por dois minutos e descer até 20 metros abaixo da superfície.

(“Revista dos Curiosos”, 2003)

Supondo que o ar contido nos pulmões de uma dessas mergulhadoras não sofresse variação significativa de temperatura e se comportasse como um gás ideal, e levando em conta que a pressão exercida por uma coluna de água de 10 m de altura equivale aproximadamente a 1 atm, a relação entre o volume do ar contido nos pulmões, durante um desses mergulhos de 20 m de profundidade, e o volume que esse ar ocuparia ao nível do mar, se a estrutura óssea e muscular do tórax não oferecesse resistência, corresponderia, aproximadamente, a



## Apêndice 4 - Prova

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### PROVA

*As respostas devem ser apresentadas em uma folha em separado. Apresente todos os cálculos e justificativas realizados para chegar à resposta.*

1. (ULBRA, adaptada) Analise as afirmações abaixo.
  - I. A medida de energia térmica de uma estrela representa o grau de agitação média de suas partículas.
  - II. A temperatura pode ser entendida como uma propriedade que permite dizer se dois corpos estão em equilíbrio térmico, bem como o grau de agitação das partículas.
  - III. Temperatura e quantidade de calor são a mesma coisa.
  - IV. A energia interna de uma estrela é a energia total associada a suas partículas.
 Estão corretas:
  - a) Apenas I.
  - b) Apenas II.
  - c) II e IV.
  - d) I, II e III.
  
2. Nas discussões sobre a existência de vida como a conhecemos fora da Terra, um dos fatores mais importantes é a quantidade de energia fornecida pela estrela ao redor da qual o planeta orbita. Há, também, outras considerações sobre vida extraterrestre especialmente no que diz respeito à existência ou não de água em boas condições para a proliferação de vida e também à existência de uma pressão atmosférica adequada para que vida possa se desenvolver.
 

Elabore, com detalhes e em suas palavras, um texto baseado nos conceitos termodinâmicos estudados que descreva:

  - a) Como é o processo de propagação de energia térmica de uma estrela para chegar a um planeta e quais são os desafios para que ocorra esse processo.
  - b) O estado físico ideal da água para proliferação de vida em um planeta.
  
3. Um termômetro clínico tradicional de mercúrio é capaz de medir a temperatura do vácuo do espaço? Justifique sua resposta.
  
4. (UFRGS, adaptada) Em um planeta completamente desprovido de *fluidos*, apenas pode ocorrer a propagação de energia térmica em forma de calor através de:
  - a) condução e convecção
  - b) convecção e irradiação
  - c) condução e irradiação
  - d) irradiação
  
5. *Descreva* a transformação termodinâmica através da qual podemos analisar a evolução de uma estrela ao considerarmos suficientemente lentas as contrações e expansões pelas quais ela passa.
  
6. Complete as lacunas do parágrafo abaixo corretamente.
 

“A \_\_\_\_\_ Lei da Termodinâmica trata do conceito de energia interna de um gás, a qual está associada com a energia \_\_\_\_\_ das partículas. De acordo com a Termodinâmica, a energia interna está relacionada diretamente à \_\_\_\_\_ do sistema”.
  
7. Estrelas que ao final de suas “vidas” colapsam em estrelas de nêutrons (astros relativamente pequenos, porém muito densos) apresentam uma maior diversidade em termos da fusão de diferentes elementos químicos na etapa intermediária de seu desenvolvimento. Quais as duas principais características que justificam essa diversidade de fusão de elementos químicos? Justifique sua resposta.

8. (FMTM-MG) Nas lições iniciais de um curso de mergulho com equipamento autônomo – cilindro de ar comprimido – os alunos são instruídos a voltar lentamente à superfície, sem prender sua respiração em hipótese alguma, a fim de permitir que ocorra a gradativa descompressão. O aprisionamento do ar nos pulmões pode ser fatal para o mergulhador durante a subida, pois, nesse caso, a transformação sofrida pelo ar nos pulmões é:

- a) isobárica, com redução do volume do ar.
- b) isobárica, com aumento da temperatura do ar.
- c) isotérmica, com aumento da pressão do ar.
- d) isotérmica, com aumento do volume do ar.
- e) isovolumétrica, com diminuição da pressão do ar.

9. Construa um índice dos principais conceitos e definições da Termodinâmica que se demonstraram essenciais para estudar as estrelas.

**PROVA - GABARITO**

*As respostas devem ser apresentadas em uma folha em separado. Apresente todos os cálculos e justificativas realizados para chegar à resposta.*

1) (ULBRA, adaptada) Analise as afirmações abaixo.

- I. A medida de energia térmica de um sistema representa o grau de agitação de suas partículas.
- II. A temperatura pode ser entendida como uma propriedade que permite dizer se dois corpos estão em equilíbrio térmico, bem como o grau de agitação das partículas.
- III. Temperatura e quantidade de calor são a mesma coisa.
- IV. A energia interna de um sistema é a energia total associada a suas moléculas.

Estão corretas:

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) II e IV.
- d) I, II e III.

2) Nas discussões sobre a existência de vida como a conhecemos fora da Terra, um dos fatores mais importantes é a quantidade de energia fornecida pela estrela ao redor da qual o planeta orbita. Há, também, outras considerações sobre vida extraterrestre especialmente no que diz respeito à existência ou não de água líquida e à pressão atmosférica do planeta onde esta vida pode se desenvolver.

Elabore, com suas palavras, um texto que descreva:

- a) Como é o processo de propagação de energia de uma estrela para chegar a um planeta e quais são os desafios para que ocorra esse processo.
- b) O que é necessário para a existência de água líquida neste planeta.

*Resposta: O texto deve conter alusões a ou citações diretas a processos de troca de energia, mais especificamente à radiação térmica, e a desafios tais como a superação da distância entre o Sol e a Terra e/ou a superação do vácuo do espaço. Deve conter, também, alusões ou citações diretas a informações sobre a faixa de temperatura a qual a água se apresenta em forma líquida. Para finalizar, devem ser feitas observações sobre a relação entre pressão e as demais quantidades físicas que descrevem o estado de um sistema termodinâmica (volume e temperatura).*

3) Um termômetro clínico tradicional (com uma coluna de mercúrio) é capaz de medir a temperatura do vácuo do espaço?

*Resposta: Os conceitos mais importantes os quais devem ser citados ou aludidos são:*

*Termômetros que operam em contato com o sistema sobre o qual desejamos medir a temperatura medem suas próprias temperaturas.*

*Para medirmos a temperatura do ambiente em que está termômetro devemos esperar que não haja mais diferença de temperatura entre o termômetro e o seu entorno, isto é, que ele entre em EQUILÍBRIO TÉRMICO com o ambiente.*

*Se o termômetro estiver muito distante de qualquer fonte de energia térmica OU se estiver sem partículas ao seu redor OU se as partículas ao seu redor tiverem agitação quase nula, a temperatura será muito próxima do zero absoluto (zero Kelvin ou -273 graus Celsius).*

*Quando usamos um termômetro clínico tradicional, devemos esperar que ele entre em equilíbrio térmico com o nosso corpo para então, medindo a temperatura do termômetro, podermos afirmar algo sobre a nossa temperatura.*

Um termômetro tão distante do Sol quanto a Terra está, recebendo radiação solar (ou seja, não estando na sombra), registra temperaturas semelhantes às que acontecem na superfície iluminada da Lua (cerca de 100°C).

Um termômetro no vácuo do espaço perderá energia para o meio externo (irradiando energia) até que se encontre em equilíbrio térmico com o seu entorno. Quando alcançar o equilíbrio térmico, a sua temperatura será a temperatura do entorno e, portanto, a temperatura do vácuo. Se ele estiver muito distante de qualquer estrela, essa temperatura será muito próxima do zero absoluto (zero Kelvin).

**OBSERVAÇÃO:** Alguns termômetros não necessitam entrar em equilíbrio térmico com o corpo que desejamos avaliar a temperatura pois são capazes de analisar a radiação eletromagnética (radiação térmica) emitida pelo corpo e através dessa inferir sobre a temperatura da superfície emissora. Os termômetros de infravermelho fazem isto.

4) (UFRGS, adaptada) Em um planeta completamente desprovido de fluidos apenas pode decorrer a propagação de energia térmica em forma de calor através de:

- a) condução e convecção
- b) convecção e irradiação
- c) condução e irradiação
- d) irradiação

5) Descreva o tipo de transformação de estado através do qual podemos analisar a evolução de uma estrela ao considerarmos suficientemente lentas as contrações e expansões pelas quais ela passa.

*A resposta deve identificar a transformação de estado como adiabática e citar diretamente ou aludir ao fato de ser uma transformação na qual não há (ou é desprezível) a troca de energia térmica na forma de calor, enquanto há variações de pressão, volume e temperatura.*

*Analisando o processo, pela 1ª Lei da Termodinâmica:  $Q = W + \Delta U \Rightarrow Q = 0 \Rightarrow W = - \Delta U$*

6. Complete as lacunas do parágrafo abaixo corretamente.

“A PRIMEIRA Lei da Termodinâmica trata do conceito de energia interna de um gás, a qual está associada com a energia TOTAL das partículas. De acordo com a Termodinâmica, a energia interna está relacionada diretamente à TEMPERATURA do sistema”.

7. Astros que, ao final de suas “vidas estelares”, colapsam em estrelas de nêutrons apresentam uma maior diversidade em termos de fusão de diferentes elementos químicos nas etapas intermediárias de seu desenvolvimento. Quais as duas principais características que justificam essa diversidade de fusão de elementos químicos? Justifique sua resposta.

*A resposta deve identificar como principais características a massa e a temperatura do período de nascimento/desenvolvimento inicial dessas estrelas como responsáveis pela diversidade de elementos químicos. A massa porque o trabalho exercido pelas camadas intermediárias sobre o núcleo será maior, causando uma maior variação de energia interna e possibilitando a agitação necessária para que os átomos se choquem. A temperatura porque indica um estado de alta agitação das partículas desde o início do desenvolvimento da estrela.*

8. (FMTM-MG) Nas lições iniciais de um curso de mergulho com equipamento autônomo – cilindro de ar comprimido – os alunos são instruídos a voltar lentamente à superfície, sem prender sua respiração em hipótese alguma, a fim de permitir que ocorra a gradativa descompressão. O aprisionamento do ar nos pulmões pode ser fatal para o mergulhador durante a subida, pois, nesse caso, a transformação sofrida pelo ar nos pulmões é

- a) isobárica, com redução do volume do ar.

- b) isobárica, com aumento da temperatura do ar.
- c) isotérmica, com aumento da pressão do ar.
- d) isotérmica, com aumento do volume do ar.
- e) isovolumétrica, com diminuição da pressão do ar.

*Justificativa: A transformação é isotérmica com diminuição da pressão e aumento de volume.*

9. Construa um índice dos principais conceitos e definições da termodinâmica que se demonstraram essenciais para estudar as estrelas.

*A ideia desta questão é fazer os estudantes listarem e definirem os itens que melhor fundamentam as exposições dialogadas realizadas com a turma.*

*A questão claramente não possui uma única resposta correta e não possui também uma resposta completamente errada, mas serão valorizados os índices que listarem as grandezas termodinâmicas, as definições de energia, energia interna e energia térmica, o conceito de calor, de radiação térmica e/ou as Leis da Termodinâmica.*

*Os demais conceitos e definições não citados acima não terão uma valorização específica fora a justificativa dada pelo estudante à sua escolha.*