

Nome: Bernardo Ryoichi Dias Taniguti
Layla Christina Moraes
Marcela de Mesquita Matheus
Ricardo Ramos Silva Paterno
Tomioy Mori

PSSC

Contexto histórico e objetivos

O PSSC (Physical Science Study Committee) foi um projeto curricular criado em 1956 por uma grande equipe de físicos do MIT. Pode-se dizer que a criação do PSSC foi um reflexo do cenário de sua época: no período, fortemente marcado pelo pós segunda guerra, os cientistas então ocupavam uma posição de prestígio e formar cientistas passou a ser uma questão de segurança nacional. Da corrida pelo desenvolvimento científico e tecnológico veio então a preocupação de formar futuros cientistas para atuarem na defesa de seus países.

O projeto pretendia incorporar a expansão do conhecimento científico no currículo escolar com uma proposta de postura ativa e individual dos estudantes. Seu idealizador tinha como concepção que os alunos aprenderiam física comportando-se como um físico. Segundo GASPAR foi exatamente essa “crença, da comissão e seu coordenador J. R. Zacharias, de que a experimentação levaria à compreensão ou até mesmo à redescoberta de leis científicas, foi essa ênfase exagerada e irrealista ao papel da experimentação que levou a proposta ao fracasso.”

Apesar de talvez essa crença da experimentação individual ser suficiente para o aprendizado ter sido exagerada foi essa ênfase que provocou uma guinada no papel da experimentação no ensino de física. Antes disso experimento era feito com um enfoque totalmente diferente, o professor realizava o experimento para o aluno apenas observar, colocar o aluno no papel central de realização de experimentos foi um avanço inovador e desencadeou um movimento de mudança e renovação educacional.

No Brasil, a inserção do PSSC se iniciou em 1961, contou com a tradução dos livros do aluno e guias do professor, confecção dos equipamentos de laboratório, dublagem de alguns dos filmes e tradução de alguns textos complementares. E, apesar de entre 1962 e 1965 terem sido realizados alguns treinamentos para professores, foram poucos os que tiveram conhecimento do projeto ou se sentiram aptos a usá-lo. Segundo Gaspar:

“A aplicação do projeto no entanto foi muito restrita, limitada a poucas escolas onde lecionam os poucos professores que dele tomaram conhecimento e se sentiram capazes de fazê-la. Alguns, embora o conhecessem não animaram a aplicá-lo (esse foi nosso caso) principalmente pela dificuldade de utilização do material experimental entregue às escolas pela Funbec, com muitos kits incompletos, sem identificação adequada ou qualquer instrução auxiliar além daquela do próprio texto. Acresce ainda o currículo proposto, desvinculado da nossa realidade educacional e para o qual certamente a esmagadora maioria dos professores não estava preparada.” (GASPAR, 2004)

Apresentação e prefácio

No início da apresentação da versão brasileira, Isaias Raw deixa clara a visão que, por ter sido deixado como responsabilidade de educadores (que, segundo o autor, seriam menos capacitados que os cientistas) o ensino de ciências estava prejudicado. Então o problema do ensino de ciências seria resolvido “tirando o ensino de ciência das mãos” dos educadores e passar para os cientistas capacitados. O PSSC, por ter sido criado por uma equipe de físicos, seria então um projeto de sucesso, onde a comunicação seria mais direta de cientista para aluno.

Ainda segundo Isaias Raw, a escolha de adaptação e adoção do PSSC não foi por falta de dinheiro ou cientistas brasileiros para criar nosso próprio projeto, mas sim por que a excelência desse projeto era garantida. Existia uma confiança que esse projeto era a solução para os problemas de ensino de física, onde os alunos teriam a possibilidade da “redescoberta dos fenômenos científicos”. A confiança no projeto era tão grande que é sugerido que as revisões deveriam ser feitas apenas por conta do crescimento do conhecimento científico, e essas revisões deveriam também ficar a cargo dos cientistas, não educadores.

Em alguns trechos do prefácio como: “(...) a física é apresentada não como um simples conjunto de fatos, mas basicamente como um processo em evolução (..)” e “ele (o estudante) percebe que a física é um assunto em desenvolvimento, e que este desenvolvimento resulta do trabalho de imaginação de homens e mulheres a ele semelhantes”, é possível perceber uma ênfase em mostrar a ciência como uma construção humana (não por gênios, mas por pessoas como eles).

Então pode-se dizer que existe uma ênfase do “indivíduo como explicador”. Porém, diferente de uma abordagem histórica, o projeto não se preocupa em mostrar os aspectos externos ao processo de produção do conhecimento (como aspectos políticos, econômicos, sociais, religiosos, etc.). Essa ênfase se apresenta ao tornar o estudante ativo no processo de aprendizagem, sendo um executor dos experimentos.

Mas, a ênfase mais evidente é da “estrutura da ciência”. A associação entre teoria e investigação de laboratório é base do PSSC, fácil de ser observado dada a importância dos guias de laboratório onde são propostos experimentos para os alunos realizarem eles mesmos e a visão de que “os instrumentos valem como uma extensão de seus sentidos”, quando algum experimento não poderia ser feito pelos alunos esses são apresentados por vídeos. Então as evidências experimentais são toda a fundamentação da teoria apresentada, experimentos se apresentam como forma de entendimento dos conceitos e a motivação para promover o interesse pela ciência.

Teoria cinética molecular:

Livro do aluno:

Os conteúdos da Física são apresentados em uma sequência bastante diferenciada em relação aos materiais tradicionais. Teoria cinética dos gases, por exemplo, é apresentada para responder porque a energia mecânica é dissipada, junto a parte de energia mecânica para justificar transferência e conservação de energia.

Os assuntos são distribuídos de forma articulada, com coerência interna. Apesar de não levar em consideração conhecimento prévio cotidiano, ao longo do

projeto são retomadas seções anteriores, ou seja, o que é necessário saber de antemão o próprio projeto explicou anteriormente. Por exemplo no capítulo 26 analisado é retomado o que já foi apresentado no capítulo 9.

O formalismo matemático se apresenta de modo equilibrado com as explicações conceituais em um texto bastante técnico. Estruturado de forma a apresentar teoria, sugerir leitura complementar, exercícios e experimentos.

Guia do professor:

Importante ressaltar que o livro do aluno analisado refere-se a edição preliminar de 1963, já o guia do professor analisado é uma edição de 1968.

Logo no início do guia são enumerados alguns “pressupostos pedagógicos” que constituem pré requisitos para seguir o planejamento sugerido pelo guia, são eles:

- Programação específica para segundo ciclo do ensino secundário (“principalmente o curso científico”) de “razoável nível pedagógico, didático e administrativo”
- Que o professor tenha participado de algum curso de treinamento do PSSC;
- Que o colégio tenha laboratório adequado;
- Baseado em 180 dias letivos, 50 minutos por aula sendo 4 aulas semanais no primeiro e segundo ano e 5 aulas semanais no terceiro ano

É mencionada uma possível adaptação conforme necessidades regionais, porém acompanha um calendário com distribuição bem definida de tempo que deve ser reservado para cada assunto.

O guia do professor é extremamente ligado ao livro do aluno, traz as idéias gerais e objetivos de cada seção seguindo exatamente a mesma ordem do livro do aluno. O conteúdo é descrito de forma resumida com comentários de possíveis observações que os alunos podem trazer.

O guia do professor acaba servindo como um manual de planejamento, completo mas um tanto quanto restritivo, que conta com um calendário, sugestões

de atividades, de filmes, experimentos, discussões e classificação de dificuldade dos exercícios.

GRAF

Contexto histórico e objetivos:

Em conversa do grupo com o prof Menezes, no dia 21/09/2020, ele relatou que desde a sua volta para o Brasil, por volta de 1974, esteve envolvido na promoção de cursos de extensão para professores de modo a oferecer formação continuada. Um dos cursos tratava da física do cotidiano, alguns professores da rede pública que participaram deste curso, retornaram com avaliações positivas sobre a proposta do curso, mas que não se sentiam aptos a aplicar nas turmas em que trabalhavam, pois o material didático não estava conectado com a física do cotidiano e pediram para proporcionar uma forma de continuidade da experiência que tiveram na universidade.

O GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física foi formado no Instituto de Física da USP na década de 1980 pelos professores Luís Carlos de Menezes, João Zanetic e Yassuko Hosoume juntamente professores da rede pública estadual de São Paulo (Piassi). Durante a conversa, prof Menezes contou que o GRAF foi criado com recursos provenientes do Banco Mundial, mas com o tempo a verba foi contingenciada e impedindo a continuidade dos trabalhos.

Diante disso, o professor visitou José Goldemberg, diretor da Companhia Energética de São Paulo (CESP) na época, e propôs que promovesse um livro sobre eletricidade para ser distribuídos nas escolas públicas, a proposta foi aceita, então o livro foi produzido junto com outros autores. A tiragem foi de 500 mil exemplares e todo valor de direitos autorais foram destinados ao financiamento do GRAF, possibilitando a continuação do trabalho.



Figura 01: Capa do livro da Editora CESP cujos direitos autorais financiaram o GRAF.

Como o GREF surgiu da ideia de levar a física do cotidiano oferecida aos professores através do curso de extensão, sua proposta pedagógica era baseada na contextualização dos conteúdos de Física e na valorização da experiência cotidiana dos alunos, propiciando uma visão que visa a compreensão e atuação na realidade, estabelecendo relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

O objetivo era tornar o aprendizado científico significativo tanto para o aluno que não dependerá diretamente da Física para seu futuro profissional, como proporcionar a todos os alunos compreensão conceitual e formal para sua cultura e possível carreira universitária, como descrito na apresentação geral da proposta do GREF.

A coleção de livros do GREF foi um sucesso, apesar de não ter sido implementado massivamente nas escolas. O livro Física 1 - Mecânica Foi contemplado com o 36º Prêmio Jabuti da Câmara Brasileira do Livro na categoria de Ciências Exatas, conforme comentado pelo prof Menezes e consultado no portal da Editora da USP (EDUSP).



Figura 02.a: Física 1 - Mecânica



Figura 02.b: Física 2 - Física Térmica e Óptica



Figura 02.c: Física 3 - Eletromagnetismo



36º Prêmio Jabuti

Câmara Brasileira do Livro

Ciências Exatas - 1º Lugar

Gref

Figura 02.d: Prêmio do livro Física 1 do GREF

Fonte:

https://www.edusp.com.br/busca/?search_filter=autor&term=Gref

De acordo com a apresentação dos cadernos de leitura (2006), estes cadernos foram concebidos pelo GREF depois do material destinado a professores e têm sido continuamente aperfeiçoados. Estão disponíveis na internet e não há restrição de reprodução desde que a página com informações gerais esteja presente, não haja alteração de conteúdos do material e que as cópias não sejam utilizadas comercialmente.

Como informado pelo prof Menezes na conversa e também explicitado na apresentação, “a linguagem e o formato das Leituras procuram facilitar seu uso e cadenciar o aprendizado. Uma primeira página apresenta o assunto, duas páginas centrais problematizam e desenvolvem os conteúdos científicos e uma quarta página sugere atividades, exercícios e desafios” (GREF 2006). Além disso, leva em consideração a quantidade de aulas destinadas à física, em torno de duas horas semanais.



Figura 03: Capa do caderno de leituras de física do GREF - Física Térmica

De acordo com o prof Menezes, o trabalho do GREF foi um marco no ensino de Física brasileiro, promovendo mudanças nos livros didáticos, além do impacto nas matrizes do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) e competências dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), frutificando o pensar no ensino por competências.

Um dos desejos de Menezes para a atualização do GREF seria uma integração de áreas do conhecimento fazendo um trabalho contínuo com outros Institutos, como por exemplo ele disse enfatiza em: “Também conceitos-chave que integram como energia, entropia, entalpia etc... trabalhadas conjuntamente são muito mais ricas”.

Em uma das questões realizadas, foi perguntada a respeito do por que não foi amplamente implementado nas escolas?

O que ele argumentaria de que como “eram experiências isoladas, porque ao lado do GREF, existia o trabalho CAEM na matemática, o trabalho da GEPEQ na Química” por isso a integração de um trabalho contínuo não conseguiu ser implantado e não tomou força para um projeto mais robusto.

Com mudanças ocorridas na relação da Secretaria da Educação com a universidade, nas quais havia projetos onde os estudantes universitários e

professores participavam das elaborações universitárias, como o GREF. A Secretaria passou a terceirizar os serviços, permitindo a entrada de entidades privadas.

Apresentação:

O trabalho do GREF é apresentado na forma de textos para professores de Física, nos quais procura partir de elementos vivenciais, sempre que possível, para formular “os princípios gerais da Física com a consistência garantida pela percepção de sua utilidade e de sua universalidade” (GREF), evitando tanto o tratamento “tecnicista” quanto “formalista”.

Foram produzidos três livros contemplando quatro grandes áreas de estudo: Mecânica, Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo. Segundo Piassi, todos os textos foram estruturados nas seguintes etapas: abertura e plano de curso, texto, exercícios e atividades. Além de contar com exercícios complementares e apêndices ou textos complementares.

A proposta é iniciar a aula com o levantamento das coisas que os alunos e professor presentes no cotidiano deles e relacionadas com o assunto, de modo que a linguagem seja comum a todos. Este levantamento traz informações sobre a vivência e condição sociocultural dos educandos, provendo o professor de informações sobre a realidade da turma e como dialogar com ela. Esta metodologia foi desenvolvida para adotar uma prática dialógica para o ensino de uma ciência específica, o que ocorreu pela primeira vez, embora Paulo Freire não tenha sido adotado como referência central, segundo trecho da entrevista com Menezes transcrito no artigo de Muenchen e Delizoicov, 2014.

Sendo a atividade inicial o levantamento e classificação de assuntos de interesse da turma faz com que o aluno tenha um panorama do curso, além de sustentar o processo de ensino-aprendizagem no diálogo.

A proposta geral do curso acrescenta que “é convicção dos elaboradores desse texto que cada professor de Física deva ter condições e tempo para, continuamente, avaliar sua própria atuação, desenvolver-se enquanto profissional e

aperfeiçoar seus instrumentos de trabalho. A seqüência de textos que inclui este volume é só um estímulo nesta direção” (GREF)

Os textos não contam com suporte de fatos históricos da Ciência, mas era um dos aspectos de interesse do grupo, mas que ficaram para serem desenvolvidos posteriormente, uma vez que entendiam um processo de reelaboração contínua.

Piassi (1995) ressalta que o projeto do GREF não possui conjuntos experimentais, devido à simplicidade dos materiais utilizados, eles poderiam ser obtidos pelo professor e alunos.

Teoria cinética molecular:

Livro do aluno:

O assunto da Teoria Cinética Molecular é contemplado dentro do tema de Física Térmica, seguindo a proposta apresentada anteriormente, o material de leitura apresenta uma seqüência que parte de aspectos macroscópicos, ou seja, que estão presentes no cotidiano dos alunos, para depois descrever os aspectos microscópicos. Sendo assim, a Física Térmica começa com a noção de calor, temperatura, dilatação, para depois discutir o que ocorre nas moléculas das substâncias para explicar os fenômenos.

Há disponível na internet um documento que contém todos os tópicos de leitura da Física Térmica, parte A correspondente ao livro 2 - Física Térmica e Óptica do professor, mas no site do PROFIS (Espaço de Apoio, Pesquisa e Cooperação de Professores de Física) o material está dividido em quatro cadernos.

O tema escolhido consta no caderno 3 item 18 - Transformações Gasosas, que apresenta quatro páginas, como descrito na apresentação do material.



3

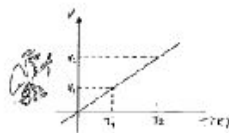
14. Terra: Planeta Água.
15. Os materiais e as técnicas.
16. Mudanças sob pressão.
17. O mais frio dos frios.
18. Transformações gasosas.

Figura 04: Caderno 3

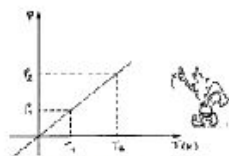
O texto, apesar de trazer alguns termos mais técnicos, no geral apresenta uma linguagem coloquial, mais informal. Os autores também utilizam desenhos para ilustrar as situações analisadas e descrever esquemas, deixando o texto mais lúdico, o que é explicado por Menezes, "...sabíamos que a leitura dos estudantes, a leitura típica dos estudantes não era de muitas páginas".

Com exceção da página introdutória, as demais contêm muitas informações, textos e imagens ficam espremidos, provavelmente para manter o padrão definido, mas deixando um visual bem carregado.

18 Transformações Gasosas



Transformação Isobárica.



Transformação Isovolumétrica.



Transformação Isotérmica.

ESSA CURVA É CHAMADA ISOTERMA.

Como vimos na leitura anterior é possível descobrir a temperatura absoluta de um gás medindo-se o seu volume.

Neste tipo de transformação gasosa que ocorre a pressão constante (isobárica) o volume do gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta, o que pode ser representado através da relação:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{constante}$$

Lei de Charles-Gay Lussac onde os índices 1 e 2 caracterizam a primeira e a segunda condição do gás.

No entanto, podemos aquecer ou resfriar um gás mantendo constante o seu volume e observando como sua pressão varia. (Veja no quadro ao lado o funcionamento de um termômetro a gás a volume constante)

A pressão indicada no manômetro aumenta proporcionalmente com a temperatura absoluta do gás, o que pode ser representado pela equação:

Lei de Charles-Gay Lussac: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{constante}$

Um gás pode ter sua temperatura mantida constante e sofrer uma transformação onde a pressão e o volume variam. Esse estudo foi realizado por Boyle (Veja no quadro ao lado a sua experiência.)

Se a pressão do gás aumentar o seu volume diminuirá de tal modo que vale a relação:

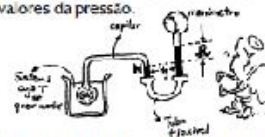
Lei de Boyle: $P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{constante}$

Um gás também pode passar de uma condição (estado) para outra variando ao mesmo tempo a pressão, o volume e a temperatura. Essa transformação obedece ao mesmo tempo as três equações apresentadas. Isto é:

Equação Geral dos Gases $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{cte}$

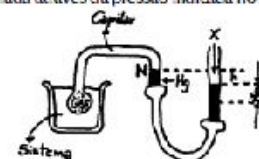
Termômetro a gás a volume constante.

Para estudar a variação da pressão de um gás mantido a volume constante utiliza-se um dispositivo contendo uma certa quantidade de gás, isolado do ambiente por um tubo flexível em forma de U contendo mercúrio, um **termômetro a gás a volume constante**. Um manômetro indica valores da pressão.



Quando o gás é aquecido o seu volume pode ser mantido constante elevando a extremidade do tubo de modo que o ponto N permaneça fixo. A altura h do tubo que contém mercúrio equilibra a pressão do gás contido no reservatório.

Quando o gás é resfriado, ao contrário, a extremidade do outro tubo deve ser abaixada. A temperatura do gás é calculada através da pressão indicada no manômetro.



A experiência de Boyle.

No estudo dos gases realizado por Boyle foi utilizado um tubo em U fechado em uma extremidade e aberto na outra contendo gás e mercúrio. Mantendo a temperatura constante Boyle provocou alterações na pressão observando como o volume do gás variava.

A pressão pode ser variada alterando a altura de mercúrio do ramo direito, mantendo constante a temperatura.

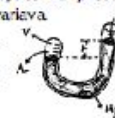


Figura 05: Exemplo de página do caderno de leituras

Sobre a teoria cinética dos gases, o texto descreve brevemente a relação da pressão de um gás com a energia cinética média das moléculas e apresenta as fórmulas com uma legenda do significado de cada parâmetro. Finalizando o tópico com um quadro relacionando as grandezas macroscópicas com as respectivas grandezas microscópicas e um exemplo de exercício.

Teoria cinética dos gases.

A pressão de um gás sobre as paredes do recipiente está relacionada com a energia cinética média das moléculas e a temperatura absoluta através das seguintes relações:

$$P = \frac{1}{3} \frac{N \cdot m \cdot v_m^2}{V} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} E_{c_m}$$

$$E_{c_m} = \frac{3}{2} kT, \text{ onde: } N = nN_0 \text{ e } k = \frac{R}{N_0}$$

$$k = 1,38 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{molécula} \cdot \text{K}} \quad \text{Constante de Boltzman}$$

Com essas equações relacionamos pressão e temperatura que são grandezas macroscópicas com a energia cinética, que é uma grandeza microscópica. Portanto, é possível estabelecer uma equivalência entre uma grandeza macroscópica e uma grandeza microscópica.

MACROSCÓPICA	MICROSCÓPICA
massa	número de moléculas
temperatura	energia cinética
pressão	choque das moléculas com as paredes
volume	distância média entre as moléculas

n = número de moles
N = número de moléculas
V = volume
m = massa de cada molécula
v = velocidade das moléculas
N₀ = 6,02 × 10²³ moléculas por mol

Exemplo:

01) Qual é a energia cinética média por molécula à temperatura ambiente?

Resolução:

$$\text{Se: } t = 22^\circ\text{C} = 273 + 22 = 295\text{K}$$

$$E_{c_m} = \frac{3}{2} kT$$

$$E_{c_m} \cong \frac{3}{2} \times 295 \times 1,38 \times 10^{-23}$$

$$E_{c_m} = \frac{3}{2} \times 4,07 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$E_{c_m} = 6,105 \times 10^{-21} \text{ J}$$

Figura 06: Neste item são apresentados quatro exercícios, sendo dois deles resolvidos.

Guia do professor:

Nos livros do GREF, a teoria cinética molecular está inserida no conteúdo de Física Térmica. Com uma visão microscópica da matéria para explicar as substâncias, propriedades e processos térmicos, apresentadas anteriormente com um ponto de vista macroscópico.

O livro inicia com a proposta e o plano de curso, nos quais há indicações de como iniciar as discussões sobre os temas, possíveis tópicos levantados nas discussões e como eles podem ser classificados.

A partir dessa pergunta podemos fazer um levantamento dessas coisas e fenômenos que os alunos relacionam ao aquecimento e resfriamento.

A tabela 1 é um exemplo desse levantamento feito em sala de aula e aponta alguns elementos mais comuns que podem surgir.

Tabela 1

geladeira	chuveiro	temperatura	queima/combustão
freezer	ferro elétrico	carvão	ferver/ebulir
isopor	calor	sol	
fogão	ventilador	lâmpada	
forno	álcool	motor a explosão	
termômetro	gasolina	água	

Figura 07: Exemplo de levantamento de coisas relacionadas ao tema a ser estudado

O livro do professor tem um texto mais elaborado e detalhado, com tabelas, esquemas e dedução das fórmulas, aspectos não encontrados no material do aluno, mas a linguagem também não é muito técnica. Apresenta apenas uma coluna, com um visual mais organizado e limpo. Assim como no material de leitura, também contém desenhos ilustrativos.

A partir do modelo cinético-molecular analisamos a variação de pressão dentro de uma bola, a dilatação de uma chapa com furo, o resfriamento por ventilação e algumas propriedades térmicas. Ver os exercícios de 1.12 a 1.17.



1.6.4 As equações da física térmica e a relação entre as grandezas macroscópicas e microscópicas

No início desta unidade levantamos os diferentes usos dos diversos materiais e fizemos uma análise fenomenológica do comportamento das substâncias, utilizando grandezas macroscópicas, tais como pressão, volume, massa e temperatura.

Posteriormente, com um modelo de constituição da matéria, construímos uma imagem de como estão organizados os seus constituintes e que alterações são produzidas em seu interior, quando as substâncias são submetidas a diferentes processos térmicos. Para tanto foram introduzidas grandezas microscópicas, tais como número de moléculas, sua energia cinética e a energia de interação entre elas.

Além disso, interpretamos processos e propriedades térmicas dos materiais tais como condução, calor específico, calor latente, dilatação, convecção, entre outros, estabelecendo também relações entre as grandezas macroscópicas e as microscópicas. Vimos assim que a noção macroscópica de massa está associada ao número de moléculas, que a temperatura está associada à energia cinética das moléculas, que a pressão se deve ao choque das moléculas com as paredes do re-

$$F_R = \frac{m}{\varrho} (v_{x_1}^2 + v_{x_2}^2 + v_{x_3}^2 + \dots) \text{ ou } F_R = \frac{N \cdot m}{\varrho} (v_{x_1}^2 + v_{x_2}^2 + v_{x_3}^2 + \dots),$$

onde v_{x_1} é a velocidade da molécula 1, v_{x_2} a da molécula 2 e assim por diante.

A quantidade $(v_{x_1}^2 + v_{x_2}^2 + v_{x_3}^2 + \dots)$ é o valor médio de V_x^2 para todas as moléculas no recipiente. Essa média pode ser representada por $\overline{v_x^2}$. Então:

$$F_R = N \cdot \frac{m}{\varrho} \cdot \overline{v_x^2}$$

Retomando a equação $P = F/A$, temos sobre a parede direita:

$$P = \frac{N \cdot m \cdot \overline{v_x^2}}{\varrho \cdot A} = \frac{N \cdot m \cdot \overline{v_x^2}}{V}$$

A existência de muitas moléculas movendo-se desordenadamente em todas as direções aliada ao fato de termos admitido a conservação da quantidade de movimento e da energia permite que se admita a igualdade dos valores médios de v_x^2 , v_y^2 e v_z^2 , e como $v_m^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$ podemos escrever $v_x^2 = 1/3 \cdot v_m^2$. Assim, a equação da pressão forma:

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{3} \cdot \frac{N \cdot m \cdot (\overline{v_m^2})}{V} \\ \text{ou } P &= \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \left(\frac{m \cdot \overline{v_m^2}}{2} \right) \\ \text{ou } P &= \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot E_{c_m} \quad (I) \end{aligned}$$

onde E_{c_m} representa a energia cinética média das moléculas.

Sendo que: $P \cdot V = N \cdot k \cdot T$ ou $P = N \cdot k \cdot T / V$ (II),

Os tópicos do livro do professor e do material do aluno não têm os mesmos nomes, mas a ordem lógica são compatíveis, embora não contemplem todos os mesmos tópicos.

BIBLIOGRAFIA

PIASSI, L.P.C. Que física ensinar no 2º Grau - elementos para uma reelaboração do conteúdo. Dissertação de Mestrado - IFUSP, São Paulo, 1995.

QUEIROZ, Maria Neuza Almeida. O ensino de Física no Brasil nas décadas de 1960 e 1970: legislação, currículo e material didático. tese de doutorado USP - FE, IF, IQ e IB São Paulo, 2016.

QUEIROZ, M. N. A, HOSOUME, Y. Ensino de no Brasil nas décadas de 1960-1970 na perspectiva dos projetos inovadores PSSC, PEF e FAI. XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Natal, 2016.

GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de Física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade de recolocar o professor no centro do processo educacional. EDUCAÇÃO, ano 13, n.21, dez. 2004.

MUENCHEN, C. e DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. Ciênc. Educ., Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132014000300617&script=sci_arttext&tIng=pt

GRAF, Leituras de Física: Física Térmica, Volume 2 - parte A, 2006. Disponível em: <https://cristianopalharini.files.wordpress.com/2009/11/fisicatermica.pdf>

PSSC – PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE; Guia do Professor; Fundação brasileira para o desenvolvimento do Ensino de Ciências e Centro de Treinamento para professores de Ciências, CECISP; Edart São Paulo – Livraria Editora Ltda- São Paulo, Vol. 3; 1968