

授業展開案 高等学校物理「物理」

1 テーマ

気体分子の運動

2 ICT利活用のねらい

「気体分子の運動」において、微視的量(分子の速度)を巨視的量(圧力)に関係づけることは重要であるが、生徒にとって長い導出過程を理解することは少々難しい。しかし、高校物理においてこの導出過程はほぼ定番の方法しかなく、確実に整理しておく必要がある。そこで、イメージをもってこの導出過程を理解できるように本コンテンツを作成した。また、導出過程が定着するように生徒用ワークシートも用意した。

3 利活用する ICT 機器及びソフトウェア

①機器：電子黒板・学習者用端末

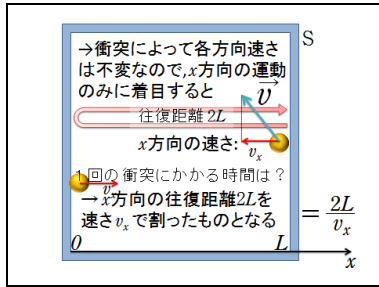
②教材：「気体分子の運動」(Microsoft PowerPoint)

「生徒用ワークシート」(Microsoft PowerPoint)印刷したものを生徒に配布

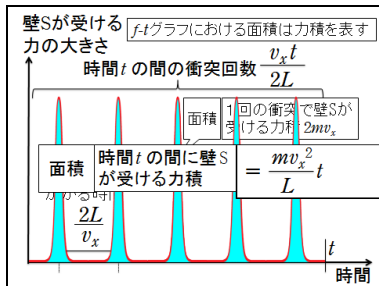
4 ICT利活用の場面

学習内容	ICT利活用の場面
<p>○「巨視的量と微視的量の関係導出」について、問題を設定する。</p> <div data-bbox="336 1162 715 1442" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">巨視的な量と微視的な量</p> <p style="text-align: center;">・「気体分子の運動」で何を考えたいのか？</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">巨視的な量 ↓ 圧力</div> <div style="text-align: center;">←関係(式)→</div> <div style="text-align: center;">微視的な量 ↓ 分子の速度</div> </div> </div> <p>○1回の衝突で壁が分子から受ける力積を導出する。</p> <div data-bbox="341 1545 710 1823" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">$\vec{v}' = (-v_x', v_y, v_z')$</p> <p style="text-align: center;">$(v_x, v_y, v_z) = \vec{v}$</p> <p style="text-align: center;">垂直な成分のみ 弾性衝突で 向きが変わる</p> </div>	<p>①動機付け：スライドを提示して、本時に学習するテーマを意識させる。→ワークシートへ書き込ませる。</p> <p>②説明の補助：1回の衝突で壁が分子から受ける力積の求め方を理解させる。→ワークシートへ書き込ませる。</p>

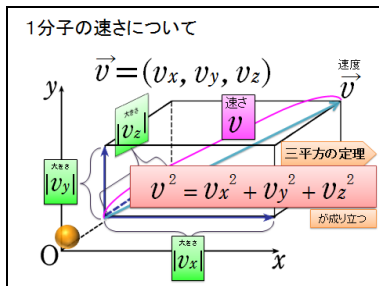
○時間 t に 1 分子が壁 S に衝突する回数を導出する。



○壁 S が 1 つの分子から受ける平均の力を導出する。



○壁が N 個の分子から受ける圧力のを導出する。



○導出過程のまとめ

○導出した圧力の式を使って平均運動エネルギーと絶対温度の関係式、さらに、2乗平均速度の式を導出する。

ここで
分子数 = 物質量 \times アボガドロ数
 $N = nN_A$ より

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{N_A} \cdot T$$

ここで
ボルツマン定数
 $k = \frac{R}{N_A} = \frac{8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})}{6.02 \times 10^{23} / \text{mol}} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

よって
これを
平均運動エネルギー といふ

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$$

○本時の学習のまとめ

③説明の補助：時間 t の間に 1 つの分子が壁 S に衝突する回数の求め方を理解させる。→ワークシートへ書き込ませる。

④説明の補助：壁 S が 1 つの分子から受ける平均の力の求め方を理解させる。→ワークシートへ書き込ませる。

⑤説明の補助：壁が N 個の分子から受ける圧力の求め方を理解させる。→ワークシートへ書き込ませる。

⑥振り返り：ここまでの圧力の式の導出過程をまとめる。

⑦説明の補助：導出した圧力の式を使い、平均運動エネルギーの式、さらに、2乗平均速度の式の求め方を理解させる。→ワークシートへ書き込ませる。

⑧振り返り：本時で導出した 3 つの関係式についてまとめる。

5 ICT 利活用のポイント

① 動機付け

今回扱うテーマの気体分子の運動において、気体全体の状態を示す巨視的な量とそれぞれの気体分子の物理量である微視的な量の関係を得ることが目的であることを生徒にはっきりと示し、今回の導入とする。圧力の原因は気体分子の容器壁面への衝突によって生じる力積であるということに着目させることから、生徒の考える道筋をつくる。

② 説明の補助

1つの気体分子の壁面(壁 S)への衝突に注目して、1回の衝突で壁 S がその分子から受ける力積を導出する。壁 S は x 軸に垂直なので弾性衝突によって速度の x 成分のみが変化する。力積の計算を符号に注意して正確に、かつアニメーションを用いてイメージができるように扱わせる。

③ 説明の補助

②で1回の衝突における力積が計算できたので、次に衝突が何回起きるかを知る必要がある。分子がどの壁面と衝突しても各方向への速さは不変なことより、壁 S から再び壁 S に戻る時間を計算して、時間 t の間の衝突回数を計算させる。

④ 説明の補助

②で「1回の衝突で受ける力積」と、③で「時間 t の間の衝突回数」を導出したので、これを掛け合わせることにより、「壁 S が時間 t の間に1つの分子から受ける力積」が計算される。 $f-t$ 図と分子運動のモデルを同時に示し、衝突によって撃力のグラフが記されていく様子イメージを持たせる。時間 t の間で、撃力のグラフと $f-t$ 図の面積(力積)が等しくなるような一定の力を重ねて示し、この力が平均の力になることを理解させる。

⑤ 説明の補助

④の「ある1つの分子から受ける平均の力」より、 N 個の全分子から受ける力を導出し、さらにこれを圧力の式にする。その際、速度の x 成分の2乗を全分子で平均したものに置き換える必要がある。ここで、「平均」の意味が時間での平均なのか、分子全体での平均なのか、生徒が混同しないように整理させる。ここでは、1個の分子の速さとその成分に対して成立する三平方の定理、これを平均した式、さらに、各成分の2乗平均が等しくなることなど、統計力学的に、重要になる基礎事項が多く含まれているので、混乱しないように丁寧に解説する。導出した圧力の式が、巨視的な量と微視的な量の関係式であることを確認させる。

⑥ 振り返り

ここまでのまとめとして、今回の導出過程を全体的に確認する。一つ一つの導出過程の説明では細部に立ち入ったので、もう一度大きな視点から捉え直させる。

⑦ 説明の補助

⑤までで導いた圧力の式と理想気体の状態方程式を連立することによって、平均運動エネルギーについての式が導出できることを理解させる。さらに、この式を気体分子の速さの 2 乗の平均について解き直して根号をとることによって、2 乗平均速度の式が導出できることを理解させる。ここで、生徒に化学の知識も踏まえさせ、分子量を代入するときの単位について混乱しないように注意する。導出した平均運動エネルギーの式が、巨視的な量と微視的な量の関係式であることを確認させる。

⑧振り返り

まとめとして、今回の導出した 3 つの式(圧力の式、平均運動エネルギーの式、2 乗平均速度の式)を確認し、それぞれの物理的な意味を理解させる。また、今回の目的が巨視的な量と微視的な量の関係を導出することであることを再び強調する。本教材は授業の説明ですぐに理解できない生徒に対して、もう一度、じっくりと考えながら取り組ませる自学用教材として使うこともできる。