

第2学年物理 学習指導案

指導者 県立竜ヶ崎第一高等学校 齊藤 孝通

1 単元名 気体の内部エネルギーと状態変化

2 本単元の目標

- (1) 気体の内部エネルギーと状態変化について、気体の状態変化における熱、仕事及び内部エネルギーの関係を理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。
(知識及び技能)
- (2) 気体の内部エネルギーと状態変化について、観察、実験などを通して探究し、気体の温度変化から仕事と内部エネルギーの変化の関係を見いだして表現すること。(思考力、判断力、表現力等)
- (3) 気体の状態変化における熱、仕事及び内部エネルギーの関わりに主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養うこと。(学びに向かう力、人間性等)

3 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
気体の内部エネルギーと状態変化について、気体の状態変化における熱、仕事及び内部エネルギーの関係を理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けている。	気体の内部エネルギーと状態変化について、観察、実験などを通して探究し、気体の熱量の出入りと仕事及び内部エネルギーの変化の関係をみいだして表現している。	気体の状態変化における熱、仕事及び内部エネルギーの関わりに主体的に関わり、科学的に探究しようとしている。

4 単元について

(1) 教材観

生徒は、第1年次の物理基礎「様々な物理現象とエネルギーの利用」において、内部エネルギーの存在や、熱と仕事の変換について学習している。また、その際に、生徒の実態に応じた発展的学習として、内部エネルギーは絶対温度に比例することや、熱機関の熱効率及び熱力学第二法則にも触れてきたことで、教材として熱力学第一法則に触れる機会も多かった。

それらの学習を行ったことにより、本単元では気体のすべての状態変化を熱力学第一法則に収斂させることができ、理論的に統一して表現することで、気体の状態変化における熱、仕事及び内部エネルギーの関係を探究的に学習することができると思う。

(2) 生徒観

本単元の学習に入る前に、生徒の学びへの意識やレディネスの程度を確認するための質問紙調査を実施したところ、下のような結果を得た。なお、質問項目2は、2001年にYeoとZadnikによって開発された熱学概念調査問題TCE (Thermal Concept Evaluation) を抜粋、和訳して実施した結果である。

(男子*人、女子*人、計*人、調査日：令和6年*月*日)
1 観察や実験の結果から導き出したり、考えたりしたことを、図やグラフ、表などを用いて表現するようにしている。 ア とてもあてはまる…*人 イ あてはまる…*人 ウ あまりあてはまらない…*人 エ まったくあてはまらない…*人
2 サムは一晚冷やした缶のコーラとペットボトルのコーラを冷蔵庫から取り出した。そこから数分後、ネッドはコーラの缶を持ち上げ、「調理台の他のところよりも冷たく感じる」と友人たちに言った。次の友人たちの考えのうち、最も正しい考えはどれか。 ア 「冷気がコーラから調理台に移ったんだ。」…*人 イ 「調理台のコーラが置いてあったところには、もうエネルギーは残っていないね。」…*人 ウ 「調理台からコーラへ、いくらか熱が移ったんだ」…*人 エ 「缶が、缶の下に熱を生じて、それが調理台の上を伝わっていったんだ。」…*人

当該クラスの生徒を第1年次より担当しており、観察や実験の結果から導き出したり考えたりしたことを、図やグラフ、表などを用いて情報を整理し表現することが定着していると言える。一方で、物理基礎で学んだはずの高温物体から低温物体への熱の移動が理解できていない生徒や、気体ではないが内部エネルギーについて誤解している生徒も存在している。先述の通り、本単元では熱力学第一法則を一つの柱にして授業を組み立てるが、熱の移動や内部エネルギーの増減については、指導者として注意深く取り扱う必要があることが確認できた。

(3) 指導観

気体の状態変化においては、熱の出入りや内部エネルギーの増減からそれぞれの変化の特徴を科学的に考察することが必要である。当該クラスの生徒は情報を整理したり表現したりする力に長けているので、生徒同士の話し合いやプリントへの表現を通して、気体の内部エネルギーや内部エネルギーの科学的理解はもちろん、生徒の熱概念に関する素朴概念の修正や深化につなげていく。

5 単元の指導計画（7時間扱い）

○は指導に生かす評価場面、◎は記録に残す評価場面

次	時	学習内容・活動	知	思	態	評価及び評価方法等
1	1	<p>課題</p> <p>単原子分子理想気体の内部エネルギーは、どのように表されるのだろうか。</p> <p>・単原子分子理想気体の特徴を整理し、内部エネルギーが運動エネルギーの総和であることを理解する。</p> <p>まとめ（結論）</p> <p>単原子分子理想気体の内部エネルギーは、絶対温度と物質質量に比例する。</p>	○			<p>知：単原子分子理想気体の内部エネルギーが、絶対温度と物質質量に比例することを理解している。できていない生徒には、内部エネルギーが運動エネルギーの総和になることに気が付けるように声掛けする。</p> <p>【授業プリント・行動観察】</p>
2	1	<p>課題</p> <p>気体が外部にする仕事を p-V グラフでとらえよう。</p> <p>・物理基礎で学んだ仕事の関係式と圧力の求め方から、気体のする仕事を p-V グラフで表現する。</p> <p>まとめ（結論）</p> <p>気体が外部にする仕事は、p-V グラフの面積を求めることで求められる。</p>		○		<p>思：気体が外部にする仕事を、仕事の関係式と圧力の求め方から見出して表現している。できていない生徒には、物理基礎の力学領域で学んだ事柄を想起させることで、それらを活用しながら導けるように促す。</p> <p>【授業プリント・行動観察】</p>
	2	<p>課題</p> <p>気体が定積変化及び定圧変化で状態変化するときについて、熱力学の第一法則でその性質を表現しよう。</p> <p>・それぞれの変化で、変わらない量に着目し、熱力学の第一法則からそれぞれの変化について思考、判断する。</p> <p>まとめ（結論）</p> <p>定積変化は気体がする仕事は0であることから気体の得た熱量と内部エネルギーの変化が等しく、定圧変化は気体が仕事をするので、同じだけ熱量を得ても、その分だけ内部エネルギーの増加量は小さい。</p>		○		<p>思：定積変化については、変わらない量に着目して、気体のする仕事と得た熱量と内部エネルギーの関係を説明している。できていない生徒には、気体がする仕事は0であることを再確認し、熱力学の第一法則を適応するように促す。</p> <p>【授業プリント・行動観察】</p>

3	<p>課題 気体が得る熱量を、比熱を使って表すには、どうすればよいだろう。</p> <ul style="list-style-type: none"> これまで学んだ比熱は単位質量あたりに 1 K 温度上昇させる熱量であるが、これでは表現しづらいことに気づくとともに、新規な比熱概念を理解する。 <p>まとめ（結論） 物質 1 mol の温度を 1K 高めるのに必要な熱量をモル比熱といい、気体の体積を一定に保つ場合を定積モル比熱、圧力を一定に保つ場合を定圧モル比熱という。</p>	◎	<ul style="list-style-type: none"> これまでの生徒の比熱概念が絶対ではなく、単位によって変更されうることを受け入れられるよう、十分に時間を使って理解を促す。 <p>知：気体の温度変化について、定圧モル比熱と定積モル比熱の関係を理解している。できていない生徒には、気体の得る熱量は気体が行う仕事と内部エネルギーが既知でないと求められないことに気付けるよう促す。 【授業プリント】</p>
4 本時	<p>目標：等温変化及び断熱変化について、それらの変化を熱力学第一法則に適用することで、気体が行う仕事と熱量、内部エネルギーの関係を考え、表現することができる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 定積変化と定圧変化について、熱力学第一法則をもとに状態変化の性質を考察したことを想起する。 本時の課題を把握する。 <p>課題 等温変化と断熱変化について、その性質を熱力学第一法則から明らかにしよう。</p> <ol style="list-style-type: none"> 等温膨張及び等温圧縮について、熱力学第一法則から熱量の出入りを表現する。 <ul style="list-style-type: none"> 既知事項のボイルの法則から、等温膨張の p-V グラフの概形についても考える。 断熱圧縮及び断熱膨張について、熱力学第一法則から内部エネルギーの増減を表現する。 <ul style="list-style-type: none"> 断熱膨張を考える際には、p-V グラフの概形に触れ、等温変化との違いについて考える。 P-V グラフの表現については、そのグラフ作成の過程が等温変化と異なることから、試行錯誤の機会を得る。 本時のまとめを行う。 <p>まとめ（結論） 等温変化は内部エネルギーの変化がないので吸収する熱量と気体が行う仕事と等しく、断熱変化は出入りする熱量が 0 なので内部エネルギーの変化と気体が行われる仕事と等しい。</p>	◎	<ul style="list-style-type: none"> 気体の状態変化は熱力学第一法則からその性質を理解できることは定積変化及び定圧変化の学習時に理解しているので、それを想起させることで、本時の課題をつかみやすくするよう配慮する。 等温変化については、まず内部エネルギーが変化していないことを整理した上で、熱力学第一法則に基づいて熱量や仕事について検討するように促す。 その思考が滞っている生徒に対しては、内部エネルギーと温度の関係について想起できるような発問を与えることで、気付きを促す。 等温変化の p-V グラフを描く際は、等温変化ではボイルの法則にしたがうことに気づくことができるよう支援し、そのグラフの概形について主体的に表現できるよう発問の工夫をする。 断熱変化の p-V グラフを描く際は、ボイル・シャルルの法則を用いて、それぞれの温度のときの p-V グラフを描いてそれを曲線で結ぶことに気づかせ、主体的に表現できるよう支援する。 その思考が滞っている生徒に対しては、ボイル・シャルルの法則における変数の数に着目させて、二つのグラフを描くことで 3 変数を捉えることができることに気づきを与える。 <p>思：等温変化と断熱変化について、気体が行う仕事と熱量と仕事及び内部エネルギーの変化の関係を思いだして表現している。 【授業プリント】</p>

3	1	<p>課題 熱機関とその熱効率を、p-Vグラフをもとに求めてみよう。</p> <p>・物理基礎で学んだ熱機関や熱効率の概念を、p-Vグラフで振り返り、表現する。</p> <p>まとめ（結論） 熱機関がした仕事は、その p-V グラフで囲まれた面積に相当し、熱効率を求めることができる。</p>	○	<p>思：熱機関とその熱効率を、p-Vグラフをもとに説明している。できていない生徒には、一つひとつの過程に着目してそれぞれの過程について p-V グラフを描き、熱機関の p-V グラフが生徒の手で描けるよう支援する。 【授業プリント・行動観察】</p>
	2	<p>課題 身近な現象を、これまで学んだ四つの状態変化で説明してみよう。</p> <p>・ペットボトル内の雲の発生、圧縮発火器、風船の温度変化、シリンダー内の気体など、観察・実験及び製作を通して、それらの現象の気体の状態変化について検討する。</p> <p>まとめ（結論） それぞれの現象について、気体の熱量の収支と仕事及び内部エネルギーの変化を考え、それらの特徴から状態変化を探究的に考察した。</p>	◎	<p>・班ごとにそれぞれの現象について、気体の温度や熱量の収支、内部エネルギーの増減を言及できるように促し、そこから熱力学第一法則を用いて試行錯誤や学習の修正を繰り返し探究的に取り組めるよう発問を工夫する。 ◎ 態：気体の状態変化における熱、仕事及び内部エネルギーの関係に主体的に関わり、科学的に探究しようとしている。【授業プリント、レポート】</p>

- ・知識・技能、思考・判断・表現については、校内学力テストや小テスト等でのペーパーテストでも見取るものとする。
- ・主体的に学習に取り組む態度については、授業（次）ごとに適宜、授業プリントやレポート等の記録を見取り、次の指導に生かしている。評価項目は以下の6項目としている。
 - ① 新たな知識や疑問に関する記述
 - ② 自分の考えを表現した記述
 - ③ 自らの取り組みの反省やそれについての改善点に関する記述
 - ④ 学習方法の振り返りやそれについての改善点に関する記述
 - ⑤ 自己の成長や変容を表現した記述
 - ⑥ 試行錯誤の過程や自己の学習の調整に関する記述