

小学校教員養成のためのプログラム学習 熱について

橋 高 嘉 弘

Programmed Instruction about Heat for the Students of
Elementary School Teacher Training Course

Yoshihiro KITAKA

(1992.11.30 受理)

キーワード：小学校教員養成、プログラム学習、熱

1. まえがき

熱は日常生活あるいは産業・社会に密接な関係があるが、小学校教員養成課程の学生について、調べてみると、その本性、基本的な性質、日常生活や技術への応用、社会との関連のいずれも知らない者が多い。その理由は、次のことが考えられる。

- (1) 学生の多くは、高等学校で物理を選択しておらず、全員必修の中学校理科・高校理科 I 以後、物理学を履修していない。その中学校理科と、高校理科 I には熱の単元がなく、エネルギーや電熱などについて局所的に学んだだけで終わっている。そのため、知識が断片的で、体系化されていない。
- (2) 近年の理科教育が、探究学習と呼ばれるもので、熱についても学問的探究に終始し、身近な事象を取り上げる機会が少なく、学生・生徒にとって無縁なことであり、興味・関心が少なく、学習意欲も、応用しようという意欲も湧かない。

これらのことについては、今回の小・中学校の学習指導要領改訂では考慮されており、中学校理科では身の回りの物理現象として熱が取り上げられ、熱という項目が明記されている。

また、純粋科学のことしか考えない理科教育に対する批判から、米国で S T S (Science, Technology and Society) ムーブメントと呼ばれる新しい潮流が起きている。日本でも筑波大学の長州南海男等によって、これらの運動が伝えられ、注目されている。¹⁾

筆者等は探究学習が取り入れられた頃から、基本的概念への過度の集中、身近なこととの関連の軽視に問題があることを指摘してきた。²⁾ このことが、国内でも、また、国際的にも認められ、ようやく実施に移されようとしているが、近い将来、その指導に当たらねばならない小学校教員養成課程の学生が、これらのことが欠如しているのである。

本論文の一部は、1988年10月、日本物理学会秋の分科会（広島大学）で報告した。³⁾

これらのことに、教育学部の理科の専門科目（本学部では初等科理科）の物理か、教科教育法理科（従来の教材研究）の中の物理（物理的内容の指導法）の中で、対処しなければならないが、初等科理科、あるいは教科教育法理科の物理の授業で、熱について指導できるのは1回だけで、それも週休2日制に伴う時間短縮もあって、初等科理科で90分、教科教育法理科で130分という短時間で行わなければならないことになった。この時間内に、熱に関する基礎知識を身につけさせ、更に指導法についても教えるのは困難である。以前、筆者は熱に関する授業の始めに簡単なプリテストを行い、その解説をして、基礎的事項の整理をすると共に、学習の必要性を感じさせるようにした授業を行ってきた。⁴⁾ 学生には好評であったが、そのようなことが実施しにくくなってきたのである。

このことは他の内容についてもいえることで、その解決法として、筆者はプロジェクト物理のプログラムド・インストラクション・ブックレット⁵⁾を参考にして、力・光・音についてプログラム学習教材を作り、学生に自宅で学習させることにして、それぞれ効果を上げてきた。

プロジェクト物理のプログラム学習教材は、1ページ1問で、問題の右に回答を書き、ページをめくり、回答の部分を折り返すと、正解があつて、自分の書いた答と並べてみることができ、すなわち、即時KRができるようになっている。しかし、回答記入欄が狭くて、記入しにくいこと、また、1回のみ学習では、定着しにくいことのため、筆者は回答欄を広げ、繰り返し学習できるように改めている。

先ず光について、ブックレット形式で実施し、その後、印刷の都合等で、B5判にして、他の力・音・熱・電気・磁気の領域についても行っている。このうち、力・光・音については前記のごとく報告済みである。⁶⁾⁷⁾⁸⁾

2 ねらいと対策。

この教材のねらいと、そのための対策を記す。（図は後にまとめて示す。）

(1) 熱について、身近な事象、社会との関連を認識させ、学習意欲を高める。

この教材の表紙（図1）と、中程の2ページ（図2）を参考にして、熱と、身近な事象、社会との関連を理解させ、熱の学習の重要性を説明した。

先ず、表紙に次の3つのことを図で示した。

ア 原始人が火を焚いている図で、人類が他の動物と異なる点の一つに、人類が火を用いることを示した。火を用いることにより、寒さから身を守り、夜に仕事をしたり、外敵から身を守ったり、また料理や陶器を作り、さらには金属の利用も可能になったりしたことを説明した。地上で火を利用するまでは、太陽の光・熱しか無く、それを盗んできたという伝説が生まれたり、御神火やオリンピック聖火など、火を神聖視する習慣が今も続いていることを話した。

イ ペリーの率いる黒船の図（アメリカ東インド艦隊の旗艦サスケハナ号）を示し、化石燃料の使用等による産業革命で、西洋人が世界を制覇したことを示した。「神州不滅」を唱えていた日本が、第2次世界大戦で欧米諸国に破れたことの他に、山口県では、幕末（1864年9月5日）に下関で、米・英・露・蘭の4国の黒船と戦い、敗北した苦い経験がある。

この後、長州藩は攘夷から開国に変わり、明治以後の政府が、文明開化、富国強兵につとめる原因になったと思われる。また、メンデルスゾーン著の「科学と西洋の世

界制覇」という図書を紹介した。⁹⁾

ウ エジソンの白熱電球の図を示し、彼の電球や発電機の発明により、電気を用いることができるようになり、通信・交通そのほか身近ないろんなことが便利になり、現代社会に大きな影響をもたらしたことを話した。なお、このとき、エジソンは幼時は成績が悪く、学校をやめて母に教わったり、自分で研究したりして、発明王といわれる程、立派な研究を成し遂げたのであり、学生に、将来教師になってから、勉強のできない子もよく指導する必要と、全員について、自己教育力の必要なことを話した。次に、冊子の中程に、2ページの余白ができるので、図2を入れて、熱（エネルギー）と社会との関連について説明した。

エ 広島原爆と慰霊碑の碑文の図

1945年、原子核エネルギーを用いることによって、人類は巨大なエネルギーを利用することができるようになった。しかし、それが原子爆弾という悲惨なことに用いられたのは、遺憾であることを、広島原爆の図で示した（図2左上）。

次に、広島市の平和公園の原爆慰霊碑の図で、「安らかにお眠り下さい。過ちは繰り返しませんから」という碑文を示した（図2左下）。この碑文については、いろんな意見が述べられた。極東軍事裁判で、日本の無罪を主張したインドのパール判事は、この碑文は間違っている。原爆被害者はアジア民族独立運動の犠牲者であるといわれ、「ここにまつてあるのは原爆犠牲者の霊であり、原爆を落としたのは日本人でないことは明白である。落とした者の手はまだ清められていない。」¹⁰⁾と碑文に異議を唱えた。

これに対して、筆者らの恩師であり、碑文を書かれた雑賀忠義広島大学教授は、「広島市民であるとともに、世界市民であるわれわれが過ちを繰り返さないと霊前に誓う。これは全人類の過去、現在、未来に通じる広島市民の感情であり、良心の叫びである。」と反論された。¹⁰⁾

後日、広島大学を訪られた、理論物理学者である坂田昌一氏（2中間子論や坂田モデルで有名。当時は名古屋大学教授）は、朝鮮戦争や米ソの冷戦の情勢から、「安らかに眠らないで、声を大にして叫んで下さい。過ちは繰り返されそうです。」と書き直したいとっておられた。最近、長い冷戦もようやく終わり、平和へ向かっていることは、喜ばしいことであり、科学技術の成果は戦争のためではなく、世界の平和、人類の幸福に役立てたいことを話した。

オ 科学と技術との関係

教材の中程のページには、産業革命の基の一つであるニューコメンの蒸気機関の図（図2右側ページ左上）と、ラムフォードが、大砲の砲身に穴を開けるときの、熱が発生することから、熱の本性は、従来考えられていた「熱素」ではなく、移動するエネルギーの一態であることに気づいたことを示す図を載せた（図2右下）。蒸気機関は、学問（熱力学）より、技術が先行していたが、技術だけでは限界があり、科学と技術が協力していく必要があることを話した。

(2) 熱の学習に興味・関心をもたせる。

ア 前項の図とその解説は、興味・関心をもたせることも目的としているが、そのほか、表紙に熱という字の謂れを図示した。この図は、藤堂明保氏の「小学生の漢字はかせ」¹¹⁾によった。この書では、熱の字の上部は、草や木が伸びていくときの生き生き

とした勢いを表し、下の火（4つの点）と合わせて火が勢いよく燃えて「あつい」ことを表すと書かれているが、異説もある。¹²⁾

イ 雪の結晶の例を図2右上に示し、寒い地方で降る雪がいろいろな形の美しい結晶であることと、その結晶に関する研究をした中谷宇吉郎博士のことを話し、同氏等の科学随筆を読むことを薦めた。¹³⁾

ウ 日常生活に関連の深いことを取り扱う。この教材は、「小学校教員養成のための」とうたっているのに、小学校で理科を教えるのに直接必要なことが多いが、そのほかにも、例えば14番の「風邪で熱がある（体温が異状に高い）とき、水枕を氷水で冷やす理由」とか、「火事するとき、一般に水を掛けて消す理由」等も取り上げた。後者の理由の中で、主たるものは、水の気化熱が大きいことであるが、これらの理科的要素のほかに、「水が掛かっても、一般に物のいたみ方が少ないこと、また、水が安価で、身近に豊富にあるという、経済学的理由」¹⁴⁾もあって、文科系の学生も興味を持つものと思う。

エ なるべく実験を通して、体験的に理解させる。

液体の見かけの膨張、ブンゼンバーナーの構造と使い方等は、この教材による自習の後、実際に自分で確かめさせた。

オ KRと再度見直す必要の有無を示すのに、ろうそくによる表示を用いた。

回答の正否は、普通○×△で表示するが、面白味が無く、光や力についてのプログラム学習教材では、D.Singerの方法¹⁵⁾を改良した顔表示を用いた。即ち、あらかじめ口のない顔を印刷しておき、回答の正否によって、笑顔（ニコニコ・マーク）かしかめ面になるよう、口を記入することにした。

しかし、顔表示ばかりでは飽きるから、ここではろうそくの上部を図示しておき、正答であったら大きな炎を、誤りであったら、芯先を右下に折り曲げておく。どうにかできたが自信がない場合は、小さな炎を描き加えることにした。（図 参照）（ろうそくは、熱源としてではなく、光源として用いられるので、アルコールランプにしようかと思ったが、パソコンで作図するのが面倒なので、簡単に描けるろうそくにした。）

カ また、裏表紙に、JR山口線を走るSL（蒸気機関車）、愛称「貴婦人」の略図を描いておき、問題が全部できるようになったら、SLが黒い煙と白い湯気を吐き、威勢よく汽笛を鳴らして走る絵に描き改めるように指示した。幼稚だと思う人もあろうが、後述のアンケートのように、喜んで描いた学生も多い。図9にその1例を示した。

(3) 学力の定着を図る。

ア 即時KRする。

1ページ、3問解くとすぐKRが行われるシステムになっている。

イ 誤り、または分からなかったことは、必ず赤鉛筆で訂正または記入させる。

ウ できなかった問題、自信の持てない問題は、後日再度行い、定着を図る。

KRで、ろうそくの炎が大きく燃えている印の場合は、その問題はとばす。芯が倒れていたり、炎が小さい印の場合はその問題を再度行う。必要に応じて、3回、4回と行うことができる。

3. 教材の作成と実施

(1) 問題と略解

問題は、小学校教員として、このくらいは知っておいて欲しいと思うもの17問とした。正答は簡単明瞭にと心がけた。覚える必要の無いことは、参考として記した。

(2) 印刷・製本

用紙は、裏の文字・図が透けて見えないよう、厚手の藁半紙を用いた。B4判の用紙で印刷し、中央をホッチキスでとめて、二つ折りにした。

(3) 教材の使用法は、後述する。熱について、講義する前に、ひとまず自分で実施させ、講義時間に、実験や補足説明をした。2回目、3回目は各自の判断に任せた。最終の授業時に提出させ、実施しているか否か調べた。(調べないと実施しない学生がいる。)

4 問題・解答と使用法及び使用例

図3のように、冊子のp.1に3問あり、問題1・2・3の第1回目の解答をp.2の右半分を書く。この後、p.2を左へめくり、半分を折り返すと、図3のようになり、正答と比較できる(この段階で、p.4の右半分は白紙である。)誤りを赤鉛筆で修正し、解らなかったことを補い、ろうそくマークで繰り返しの必要の有無を記す。その後、折り畳みはそのままにして、次ページに進む。

2回目はろうそくマークを見て、必要な問題だけ答える。正解、第1回目の回答は見えないようになっている。回答はp.4右側に書く。折り返した部分を左へめくれば、図3のようになり、問題、1回目の回答、正答、2回目の回答が並んで見える。必要な修正・補足をを行い、2つ目のろうそくマークに記入して、次へ進む。

3回目はp.1と、p.2の左半分だけを出し、p.4以降の紙を下に折り畳めば、正答、1・2回の回答を見ないで問題を解き、3回目の回答記入欄に答を書くことができる。

4回目はp.1だけが見えるようにして、p.2以降を下側に折り畳めば、正解、前回の回答を見ずに答えることができる。

図3は学生Aの例で、1回目の回答は、鉛筆書きで、薄く書かれており、修正は赤のボールペンで、濃く記入されている。1回目について述べると、問1の「エネルギーとは何か。」には、「仕事」と答え、「仕事をする能力をエネルギーという」と修正している。「その単位」については、1 Jは正答しているが、他の単位は答えていない。

問2の「温度とは何か」については、「物質の持つ熱の高さ」と答え、「温かさ、冷たさの度合い」と修正している。

問3の「温度の単位は何か。それはどのようにして定めたか」については、「℃摂視(誤字)、絶対温度」と答えた後、修正している。

第2回目は黒のボールペンで答え、正答している。

問題4以降は問題と略解のみを後に記す。(図4～8)

5 実施後のアンケート

実施後のアンケートの結果の一部を下に記す。調査対象は3年生107名である。概ね好評で、目的はほぼ達成できたと思われる。実施回数・問題数の多少・問題の難易度・紙の折り返し法の適否等は、既に力、光、音について行ったのと同様に、適当と答えたものが多かったが、紙面の都合で省略する。また、各事項毎の説明や、筆者の意見を述べるのも省

略する。15番については、正誤のマークを「領域毎に変える」より、「顔に口を書き込む方法で統一する」の方が多かった。後者が好評なことはわかるが、「領域毎に変える方がよい」も38%と多く、「先生が従来通りのことに満足せず、少しでもよいものに改善していこうとされる姿勢に打たれる。」という意見もあるので、領域毎に変える方法を続けていくことにする。

- 1 表紙に熱の字のできた由来を書きましたが、どう思いますか。

有った方がよい。	75%
無い方がよい。	-
どちらでもよい。	23%
- 2 表紙に熱が人の生活や、技術・社会に大きな影響を及ぼしたことを示す意味で、原始人の焚火、蒸気機関の黒船、電気の火の意味で電球の図を示しましたが、どう思いますか。

有ったほうがよい。	77%
無い方がよい。	-
どちらでもよい。	21%
- 3 中程のページに、原子力とその使い方について考える意味で原爆と慰霊碑の写真を載せましたが、どう思いますか。

有ったほうがよい。	70%
無い方がよい。	15%
どちらでもよい。	15%
- 4 ニュウコメンの蒸気機関の図を載せましたが、どう思いますか。

有ったほうがよい。	88%
無い方がよい。	-
どちらでもよい。	12%
- 5 ラムフォードが砲身を削るときの発熱から熱の本性を見いだしたことを示す図を載せましたが、どう思いますか。

有ったほうがよい。	88%
無い方がよい。	-
どちらでもよい。	12%
- 6 雪の結晶の写真を載せましたが、どう思いますか。

有ったほうがよい。	58%
無い方がよい。	8%
どちらでもよい。	35%
- 7 全部できるようになったら、蒸気機関車が汽笛を鳴らす図にしていますが、どう思いますか。

有った方がよい。	88%
無い方がよい。	-
どちらでもよい。	12%
- 8 できたか、できなかったか。もう1度する必要があるか否かを、ろうそくに炎を書き入れることで示すようにしましたが、どう思いますか。

よい。	73%
よくない。	4%

どちらともいえない。 23%

9 ○、×、△で表す方法と比べるとどうですか。

ろうそくの方がよい。 58%

○×△のほうがよい。 19%

どちらともいえない。 15%

10 正誤のマークを熱、力、音、光、電気など領域毎に変えるか、○×△で統一するか、顔に口を書き込む方法で統一するか、どれがよいですか。

領域毎に変える。 38%

○×△で統一する 8%

顔に口を書き込む方法で統一する。 54%

最後に学生の意見の幾つかを記しておく。

◎ 問題は充実していたと思うが、殆ど赤で直すばかりで、自分の無知を、1ページめくる毎に思い知らされるような気がした。

◎ 実用的というか、基本的なことが多くてよかったと思うが、ちょっと難しくなると、どういう意味なのか、解答を読んでも解らないこともあった。

◎ 中学校で理科は苦手、高校で物理を取っていない僕にとっては、正直むづかし過ぎる所もありました。友達と一生懸命勉強したつもりですが、丸暗記に終わってしまったところもありました。できれば、1回は授業で説明していただけるとありがたかったと思います。4回しかできなかつたので、もう少しスペースがあるといいと思いました。でも全体的には使いやすかつたし、僕にとっては理解できた方だと思います。

6. あとがき

教材の印刷・製本は、教務員の源田智子さんのお世話になった。出版したらというご意見も頂いたことがあるが、実現していない。まだ、この教材も改善しなければならないことが多いと思われるので、ご意見をお聞かせ頂きたい。

参考文献

- 1) 長州南海男他STS教育研究会、「STSムーブメント：科学教育の新しい潮流」日本理科教育学会第42回全国大会（千葉大学）要項、1992
- 2) 橘高嘉弘、「身近な現象から出発する物理教育——大学理科教育の立場から」日本物理学会1981年秋の分科会、1981
- 3) 橘高嘉弘、「小学校教員養成のためのプログラム学習——熱について」日本物理学会秋の分科会（広島大学）、1988
- 4) 橘高嘉弘、「小学校教員養成課程の理科教材研究における事故防止を重視した温度・熱の指導」、山口大学教育学部研究論叢 第35巻 第3部、1985
- 5) Gerald Holton, "Project Physics - Programmed Instruction Booklet", Holt, Rinehart and Winston, 1970
- 6) 橘高嘉弘、「小学校教員養成のためのプログラム学習——力学について」山口大学教育学部研究論叢 第38巻 第3部、1988
- 7) 橘高嘉弘、「小学校教員養成のためのブックレットによる光のプログラム学習」山口大学教育学部研究論叢 第40巻 第3部、1991

- 8) 橋高嘉弘、「小学校教員養成のためのプログラム学習——音について」
山口大学教育学部附属教育実践研究指導センター研究紀要 2号、1991
- 9) メンデルスゾーン著、常石敬一訳、「科学と西洋の世界制覇」、みすず書房、1981
- 10) 中国新聞社編、「増補 ヒロシマの記録——被爆35年写真集」中国新聞社、1980
- 11) 藤堂明保、「小学生の漢字はかせ」、学燈社、1980
- 12) 橋高嘉弘、「理科教育用語の漢字について——I」
山口大学教育学部研究論叢 第41巻 第3部、1992
- 13) 中谷宇吉郎、「雪の研究——結晶の形態とその生成」、岩波書店、1949
- 14) 財団法人 消防研修会編、「消防教科書 消防理化学」、全国消防長会、1976
- 15) Dabid Singer, Latent Image Prossesing Can Bolster the Value of Qwizzes. Journal of College Science Teaching, Nov.1985

熱

人類は火を使用し始めた。

化石燃料の使用による産業革命。
西洋人の世界制覇。

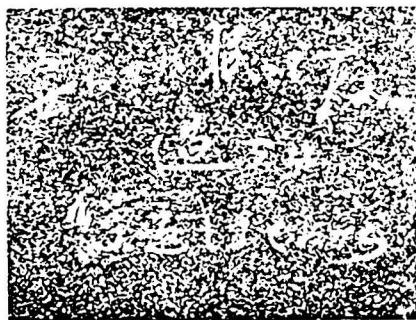
電気エネルギーの利用。
エジソンの白熱電灯の発明。

課程 年 番 氏名 _____

図1 表紙



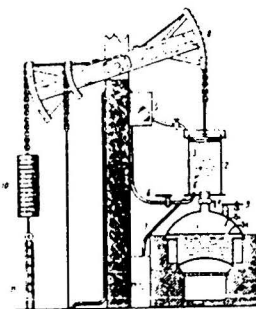
ヒロシマの原爆



匠師刺繍の織文

(左側のページ)

図2 見開きのページ



実用化されたデュロメシの蒸気機関
 ピストンを押し上げた水蒸気に水を注いで冷却すると、
 大気圧によりピストンが押し上げられる。



雪の結晶の例



ラムフォードは、人体の肉身の穴を開けると、
 熱が発生することから、仕事と熱の関係に気が付いた。

(右側のページ)



1 エネルギーとは何か。

エネルギーの単位を記せ。



2 温度とは何か。



3 温度の単位は何か。それはどのようにして定められたか。

(P.1行)

1 仕事の仕事
仕事をする能力をエネルギーという
 $[J] = [N] \times [m]$

2. 物質の持つ熱の高さ
温かさ、冷たさの度合い。

3. °C ~~摂氏~~ セ氏温度
絶対温度

K (ケルビン): 熱力学的温度 (絶対温度)

°C: セ氏温度
セルシウス度 = 1 K (温度間隔)
 $T_K = 273.15 + t_C$

(P2.行)

仕事をする能力をエネルギーという。

1 [J] ジュール 仕事の単位に同じ。
($1 J = 1 N \times 1 m$)
他に、cal、kg重・m、kWh、eV (エレクトロンボルト) などもある。

温かさ、冷たさの度合い。

参考: 気体、液体、固体の分子 (原子) は乱雑な運動をしており、その運動エネルギーの平均値 ($\pm mv^2$) [J] が絶対温度 T [K] に比例している。
 $\pm mv^2 = 2.07 \times 10^{-23} T$

K (ケルビン): 熱力学的温度 (絶対温度)

参考: 絶対零度を 0 K、水の三重点 (氷、水、水蒸気の3相が共存する) の温度 (0.01°C) を 273.16 K とし、その 1/273.16 を 1 K とする。
 $0 K = -273.15^\circ C$

°C: セ氏温度
セルシウス度 = 1 K (温度間隔)
 $T_K = 273.15 + t_C$
(以前は 1 気圧のとき水の融点を 0°C 沸点を 100°C と定めていた。)

(P.4行)

仕事をする能力

1 [J] ジュール 仕事の単位に同じ
($1 J = 1 N \times 1 m$)

温かさ、冷たさの度合い

K 熱力学的温度 (絶対温度)
ケルビン

°C セ氏温度
セルシウス度 = 1 K (温度間隔)
 $T_K = 273.15 + t_C$

(P.4行)



- 4 目盛りなし温度計の、温度目盛りはどのようにして入れるか。
0℃
100℃
0℃と100℃の間の目盛り



- 5 図のように純粋な水をビーカーに入れ、温度を測りながら熱したが、沸騰しても温度計は100℃以下の値を示した。なぜ100℃を示さなかったのだろうか。考えられる理由を記せ。



- 6 物体を温めた時の伸び (Δl) は、元の長さ (l)、温度上昇 (Δt) とどのような関係があるか。

0℃：1気圧のとき、氷の融ける温度
100℃：1気圧のとき、水の沸騰する温度

- その間の目盛り：
0℃と100℃の間の目盛りの間隔（長さ）を100等分して、1℃とすることはできない。気体温度計を標準とした既製の温度計の温度にあわせて、目盛りをつける。

- 温度計の水銀柱（またはアルコール）の上端近くまで湯の中につけて測るのが正しい測り方であるが、図では温度計の上部は空気中にあり、その部分の水銀柱（またはアルコール）は湯の中より温度が低く、膨張も少ない。
- 大気圧が1気圧（1013ミリバール）より低いと、100℃以下で沸騰する。
- 温度計の誤差

(物体の伸び) \propto (元の長さ)
(物体の伸び) \propto (温度上昇)
即ち $\Delta l \propto l \cdot \Delta t$
比例定数（線膨張率）を α とすれば
$$\alpha = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta t}$$

膨張したときの物体の長さ l' は
$$l' = l(1 + \alpha t)$$



- 7 物体を温めた時の体積の膨張 (ΔV) は、元の体積 (V)、温度上昇 (Δt) とどのような関係があるか。



- 8 液体の見かけの膨張とは何か。例をあげて説明せよ。



- 9 ボイルの法則を説明せよ。

シャルルの法則を説明せよ。

(膨張した体積) \propto (元の体積)
(膨張した体積) \propto (温度上昇)
即ち $\Delta V \propto V \cdot \Delta t$
比例定数（体膨張率）を β とすれば
$$\beta = \frac{\Delta V}{V \cdot \Delta t}$$

膨張したときの物体の体積 V' は
$$V' = V(1 + \beta t)$$

図のようにガラス管をつけたフラスコに水を入れて、湯の中につけると、まずフラスコが膨張するので、ガラス管の中の水面が少し下がる。次第に水が温まり、膨張すると、水面が上がる。
水の見かけ=水の膨張の膨張 - 容器の膨張

ボイルの法則
温度が一定のとき、(理想) 気体の体積は圧力に反比例する。
 $T = \text{一定のとき } PV = \text{一定}$

シャルルの法則
圧力が一定のとき、(理想) 気体の体積は絶対温度に比例する。
 $P = \text{一定のとき } V/T = \text{一定}$
 $P = \text{一定のとき } V = V_0(1 + 1/273t)$
 V_0 : 0℃のときの体積 t : セ氏温度

図4 問4～6

図5 問7～9



- 10 (理想) 気体の状態方程式とは何か。また、気体定数を求めよ。



- 11 熱とは何か。



- 12 熱の単位は何か。それはどのようにして定められたか。

気体の圧力 P
体積 V のとき $PV = nRT$
絶対温度 T (R : 気体定数)
モル数 n

0°C 、1気圧、1mol の気体の体積は22.4ℓだから、

$$R = \frac{1[\text{atm}] 22.4[\text{ℓ}]}{1[\text{mol}] 273[\text{K}]}$$

$$= 0.082[\text{ℓ} \cdot \text{atm}/\text{mol} \cdot \text{K}]$$

$$= 8.31[\text{J}/\text{mol} \cdot \text{K}]$$

高温の物体から低温の物体へ移動するエネルギーの一形態である。

参考：物体の温度の変化は、熱の出入りによるとして熱の概念が生じた。
19世紀までは熱の本性は熱素という一種の物質と考えられていた。

J (ジュール) cal (カロリー)

熱は移動するエネルギーの一形態であるから、SI (国際単位系) では、エネルギーの単位 J を用いることになっている。
 $1 \text{ cal} = 4.19 \text{ J}$
(以前は水 1 g の温度を 14.5°C から 15.5°C に上げるのに要する熱量を 1 cal と定めていた。)

図6 問10~12



- 13 次の値を記せ。条件が必要なら付記せよ。

水の密度
水の比熱
水の融解熱
水の気化熱
 100°C における水の飽和蒸気圧



- 14 風邪などで熱のあるとき、水枕に水をいれず、氷水をいれて冷やすのは何故か。



- 15 火事の時、一般に、水をかけて消すのは何故か。

水の密度 4°C のとき (密度が最大)
 $1 \text{ g}/\text{cm}^3$

水の比熱 $14.5^\circ\text{C} \sim 15.5^\circ\text{C}$ のとき
 $1 \text{ cal}/\text{g} \cdot \text{K}$

水の融解熱 0°C のとき
 $80 \text{ cal}/\text{g}$

水の気化熱 100°C のとき
 $540 \text{ cal}/\text{g}$

100°C の水の飽和蒸気圧
1気圧

参考：1気圧のとき、水の沸点を 100°C と定めた。

氷の融けるときの融解熱を利用する。

水の気化熱が大きいのを利用する。
水をかけるとき、火災を吹き消すこと、水で空気を遮断すること、などもある。
(また、水がかかっても、一般に物のいたみが少ないこと、安価で、身近に豊富に有ることも利点である。)

図7 問13~15



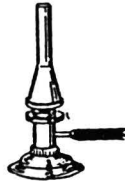
16 熱の移動には、どのような方法があるか。



17 アルコールランプを使用するときの注意を述べよ。



18 図のようなガスバーナーでは、ガスや空気の出方をどこで調節するか。



- 伝導：物体の高温部から低温部へ伝わる。
- 放射：物体から赤外線などが放射される。
- 対流：一般に流体（気体、液体）の温度が高くなると膨張し、密度が小さくなって、浮力により上昇する。周囲の低温で密度の大きい流体が下降する。

1. 燃料用エタノールを使用する。
2. ふたを水でぬれた所に置かない。
3. 燃料が8分目くらいあるか、確かめる。
4. しんを出しすぎない。
5. マッチで火をつける。アルコールランプ同士のもらい火は危険である。
6. マッチは灰皿に捨てる。
7. 火を吹き消さず、ふたをして消す。



上から見て、時計の針が回る向きに反対に、下のねじを回すと、左図のすき間が広がり、ガスが多く出る。



上から見て、時計の針が回る向きに反対に、上のねじを回すと、左図のすき間が広がり、空気が多く吸い込まれる。

図8 問16~18

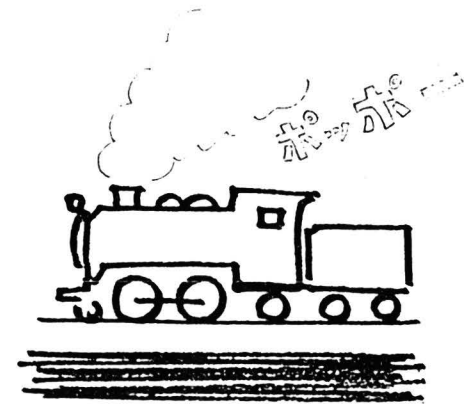


図9 裏表紙