

G 4 - 04

研究報告書第20号

「理科Ⅰ」指導資料（Ⅰ）



1982. 3

山形県教育センター

昭和57年3月刊

「理科Ⅰ」指導資料（Ⅰ）

山形県教育センター

目 次

Ⅰ 研究の趣旨とねらい

Ⅱ 基本的考え方

1. 全体構成について
2. 実験事例について

Ⅲ 研究の経過

1. 研究計画
2. 研究経過
3. 研究協力委員会

Ⅳ 指導事例

1. 物質の構成と変化

- ねらい ◦指導計画
- 物質の成分 ◦物質の構成 ◦物質の量 ◦物質の変化と量的関係

2. 運動とエネルギー

- ねらい ◦指導計画
- 力と運動 ◦落体の運動 ◦エネルギーの変換と保存 ◦仕事と熱

3. 生命の連続性

- ねらい ◦指導計画
- 細胞とその分裂 ◦生殖と発生 ◦遺伝と変異 ◦生物の進化

4. 自然界の平衡とその保全

- ねらい ◦指導計画
- 地球の運動 ◦地球の形状 ◦地球の熱収支 ◦生態系と物質循環
- 資源と環境保全

研究の概要

1 研究のねらい

高等学校学習指導要領改訂に伴う新設科目「理科Ⅰ」には、物質と運動、物質の変化、進化、平衡及び人間と自然の5項目の内容が含まれている。「理科Ⅰ」の性格やねらいに照らして、これらの内容を、教師の創意工夫に基づいて総合的に指導することが求められている。しかし、高等学校理科の専門性からみて、5項目の効果的な指導を早急に期待することは必ずしも容易ではないのが現実であろう。

この研究は、「理科Ⅰ」における効果的な指導のための資料を作成しようとしたものである。

2 基本的考え方

「理科Ⅰ」の全体構成にあたっては、基礎的・基本的な原理・法則を理解させるとともに、自然と人間生活との関係を認識させるよう配慮しなければならない。同時に、学校の実情、生徒の実態、指導担当者等も十分考慮しなければならない。本県の場合、物理・化学領域と生物・地学領域とを組み合わせ2人で担当することが予想される。「理科Ⅰ」は選択理科の基礎となることはもちろんであるが、小・中学校理科のまとめとしての総合理科という観点を重視し、「物質と生命」のテーマのもとに全体構成を試みた。各領域相互に関連する基本的科学概念として「物質の構成と変化」、「運動とエネルギー」、「生命の連続性」、「自然界の平衡とその保全」の4つの大項目を設定した。

実験事例の設定にあたっては、小・中学校との関連を重視し、できるだけ身近な教材・教具や入手の容易な素材を選び、平易で結果の明瞭に出る実験を選んだ。また、授業実践を通した展開例を示し、授業の流れが明確に把握できるようにした。

3 研究の経過

本研究は昭和56年度からの2カ年継続研究で、56年度は指導資料(Ⅰ)を、57年度は指導資料(Ⅱ)を作成する計画である。本年度は、上記のねらい及び基本的考え方をふまえて全体構成を行い、年間実授業時数を120時間とみて指導計画を立て、実験事例を16例設定した。各大項目毎に2名の研究協力者を依頼し、第1学年で授業実践をそれぞれ2回ずつ実施し、その成果を展開例に盛り込んだ。

4 実験事例

- | | | |
|-------------|--------------------------------|---------------------|
| 物質の構成と変化 | ・炎色反応により成分元素を確める | ・物質の電気伝導性をしらべる |
| | ・物質の量を測定する——二酸化炭素のモル数と分子量の測定—— | |
| | ・中和滴定により食酢の濃度をしらべる | |
| 運動とエネルギー | ・歩行の速さをしらべる | ・運動の第二法則をしらべる |
| | ・重力加速度の大きさをしらべる | ・力学的エネルギー保存の法則をしらべる |
| 生命の連続性 | ・細胞を観察する | ・体細胞分裂を観察する |
| | ・花粉と花粉の発芽の様子を観察する | ・だ液腺染色体を観察する |
| 自然界の平衡とその保全 | ・地球の自転を証明する | ・走時曲線から地球の内部をさぐる |
| | ・地震波の伝わり方から地球の層状構造をさぐる | ・直達日射量を測定する |

は し が き

この度の学習指導要領の改訂により高等学校の新教育課程は、来年度から学年進行をもって実施されることになった。

自然科学の発展や、高等学校への進学率の上昇に伴う生徒の多様化に対処して、理科では標準単位数を4単位とする必修科目「理科Ⅰ」が新設された。「理科Ⅰ」を低学年で履習させることで、中・高学年では生徒の希望や進路に応じた多様な選択ができるように改められたのである。

「理科Ⅰ」は小・中学校理科のまとめであり、高等学校選択理科の基礎ともなっている。その内容は、目標にもあるように自然界に見られる物体の運動、物質の変化、進化及び平衡など、物理、化学、生物、地学の全領域にわたる国民的教養として必要な自然科学の知識・理解に関するものから構成されている。指導にあたっては、総合性を堅持してその内容をひとりの教師で指導すること、及び生徒の実態に即して指導することなどが望まれている。

高等学校理科の教師は、これまでほとんど専門科目のみを指導すればよかったので、専門外の科目の指導には不慣れであり、総合理科である「理科Ⅰ」の新設に不安やとまどいを感じていた。当教育センターでは、昭和54年度から高等学校理科教育講座で、「理科Ⅰ」の観察、実験の実技研修を実施してきた。また、理科の研究会等では「理科Ⅰ」が討議され、研究され、実験等の講習会も開かれてきた。しかしながら、それらの回数は少なく、不安やとまどいを完全に解消するまでには至っていないのである。

こうした本県の実情を踏まえたとき、「理科Ⅰ」の内容の理解に役立ち、できるだけ身近な教材、教具で、専門外でも指導できる平易な実験をどのように展開すればよいか、第1学年の授業実践をとおして検討し、資料を提供することにした。

本資料は、「理科Ⅰ」の全体構成例と、16の実験事例とを提示するだけにすぎないが、「理科Ⅰ」指導の一助になることを期待している。今後、担当教師のたゆみない、地道な努力によって、その全体構成がさらに吟味され、多くの実験が展開され、指導法が確立されることを祈念する次第である。

最後に、多大のご協力をいただいた高等学校及び担当の先生方に厚くお礼を申し上げたい。

昭和57年3月

山形県教育センター所長

板 井 角 也

目 次

I 研究の趣旨とねらい	1
II 基本的な考え方	1
1. 全体構成について	
2. 実験事例について	
III 研究の経過	4
1. 研究計画	
2. 研究経過	
3. 研究協力委員会	
IV 指導事例	5
1. 物質の構成と変化	5
(1) ね ら い	
(2) 指 導 計 画	
(3) 物 質 の 成 分	6
実験事例 炎色反応により成分元素を確める	
(4) 物 質 の 構 成	10
実験事例 物質の電気伝導性をしらべる	
(5) 物 質 の 量	14
実験事例 物質の量を測定する — 二酸化炭素のモル数と分子量を求める —	
(6) 物質の変化と量的関係	18
実験事例 中和滴定により食酢の濃度をしらべる	
2. 運動とエネルギー	23
(1) ね ら い	
(2) 指 導 計 画	
(3) 力 と 運 動	24
実験事例—A 歩行の速さをしらべる	
実験事例—B 運動の第二法則をしらべる	
(4) 落体の運動	32
実験事例 重加速度の大きさをしらべる	
(5) エネルギーの変換と保存	36
実験事例 力学的エネルギー保存の法則をしらべる	
(6) 仕事と熱	40

担 当 者

村	川	正	志
船	山	昂	沃
横	尾	哲	郎
中	村	直	資
伊	藤	澄	夫
秋	山	将	博
猪	股	東	海
伊	藤		雄
			修

3. 生命の連続性	41
(1) ねらい	
(2) 指導計画	
(3) 細胞とその分裂	42
実験事例－A 細胞を観察する	
実験事例－B 体細胞分裂を観察する	
(4) 生殖と発生	48
実験事例 花粉と花粉のようすを観察する	
(5) 遺伝と変異	52
実験事例 だ液腺染色体を観察する	
(6) 生物の進化	56
4. 自然界の平衡とその保全	57
(1) ねらい	
(2) 指導計画	
(3) 地球の運動	58
実験事例 地球の自転を証明する	
(4) 地球の形状	62
実験事例－A 走時曲線から地球の内部をさぐる	
実験事例－B 地震波の伝わり方から地球の層状構造をさぐる	
(5) 地球の熱収支	68
実験事例 直達日射量を測定する	
(6) 生態系と物質循環	72
(7) 資源と環境保全	73

I 研究の趣旨とねらい

高等学校学習指導要領（理科編，理数編）に，「理科Ⅰは自然の事物・現象をいろいろな立場から探究させ，自然科学に関する幾つかの基本的な概念と基礎的な事項についての理解を図るとともに，科学の方法を習得させ，自然を総合的に見たり，考えたりする能力や態度を養い，自然環境についての認識と理解を得させるように設けられた科目である。」と新設の理由が述べられている。つまり，自然科学に関する基礎的・基本的内容を習得させること，自然の総合的な見方，考え方の育成を図ること，自然環境についての理解を得させることが，「理科Ⅰ」のねらいである。これを受けて，物質と運動，物質の変化，進化，平衡，人間と自然の5項目の学習内容が明示されている。さらに，指導にあたっては，「理科Ⅰ」の性格やねらいに照らし，学校の実態や生徒の能力，適性，進路等にあわせて構成する必要があることを示している。学校や地域の実情を考慮して，生徒の興味・関心を惹くように教材を精選したり開発したりなどして，創意工夫にもとづいた効果的な指導をするよう求められている。しかし，高等学校理科の専門性からみて，5項目の効果的な指導を早急に期待することは容易ではない。理科教師がその専門性をこえて，自信をもって指導に当たれるような指導資料が望まれているのが現状であろう。

本研究は，新設科目「理科Ⅰ」における効果的な指導法を探り，指導資料を作成しようとしたものである。

II 基本的な考え方

1 全体構成について

「理科Ⅰ」の全体構成にあたっては，基礎的・基本的な原理・法則を理解させるとともに，自然と人間生活との関係を認識させるよう配慮しなければならないが，同時に，学校の実情や生徒の実態も十分考慮しなければならない。また，指導にあたっては，教師が一人で担当する場合と二人で担当する場合とでは，全体構成が違ってくるであろう。本県では，物・化と生・地の二人での担当が予想される。

構成にあたっては，選択理科の基礎となることはもちろんであるが，小・中学校理科のまとめとしての総合理科の観点も重視し，「物質と生命」のテーマのもとに全体構成を試みた。各領域相互に関連する基本的な科学概念として，「物質の構成と変化」「運動とエネルギー」「生命の連続性」「自然界の平衡とその保全」の四つの柱を設定した。

物質は自然を構成する実体であり，生物と無生物とを問わず，その構成単位や成分元素の観点からとらえたとき，そこに共通のしくみが存在する。物質の構成と変化についての理解は自然を探究する際の基本概念となる。自然は絶えず変化し，流動する。自然における運動概念とエネルギー概念を理解することは，自然界におこる変化を統一的にとらえるうえできわめて重要である。一方，生物を自然界の長大な変化の流れのなかでとらえるとき，生命の連続性という概念がでてくる。自然界の変化を，歴史的発展的变化としてとらえた生命の連続性に対し，現時点に立って地球の空間的スケールで自然界をとら

えると平衡の概念が生まれる。生命の連続性、平衡は総合的自然観の育成における基本概念となる。この総合的な自然をととして、環境保全についての重要性を認識させようとするものである。

年間総時数は4単位140時間であるが、120時間で計画し、時間配分を行った。

全体の構成

「物質と生命」

大項目	中項目	小項目	実験事例
物質の構成と変化	物質の成分	地球をつくる物質 生物をつくる物質 物質の組成と元素	○炎色反応により成分元素を確かめる。
	物質の構成	原子説と分子説 原子の構造 イオンと分子	○物質の電気伝導性をしらべる。
	物質の量	原子量と分子量 モル 溶解と濃度	○物質の量を測定する。 (モル数と分子量)
	物質の変化と量的関係	化学反応式 化学反応と量的関係 いろいろな化学変化	○中和滴定により食酢の濃度をしらべる。
運動とエネルギー	力と運動	速さと速度 等加速度運動 運動の法則 摩擦力	○歩行の速さをしらべる。 ○運動の第二法則をしらべる。
	落体の運動	自由落下運動 放物運動	○重力加速度の大きさをしらべる。
	仕事と熱	仕事 熱量 仕事と熱	
	エネルギーの変換と保存	位置エネルギー 運動エネルギー 力学的エネルギー保存法則	○力学的エネルギー保存の法則をしらべる。

大項目	中項目	小項目	実験事例
生命の連続性	細胞とその分裂	細胞のつくりとはたらき 細胞のふえ方	○細胞を観察する。 ○体細胞分裂を観察する。
	生殖と発生	生殖の方法 生殖細胞のでき方 植物の受精 動物の受精と発生	○花粉と花粉の発芽のようすを観察する。
	遺伝と変異	遺伝の法則 遺伝子と染色体 変異	○だ液腺染色体を観察する。
	生物の進化	進化の証拠 進化のしくみ ヒトの進化	
自然界の平衡とその保全	地球の運動	地球の自転 地球の公転 惑星の運動	○地球の自転を証明する
	地球の形状	地球の大きさと形 地球の層状構造 地殻	○走時曲線から地球の内部をさぐる ○地震波の伝わり方から地球の層状構造をさぐる。
	地球の熱収支	太陽放射 地球の熱収支 大気循環 水循環 地表の変化	○直達日射量を測定
	生態系と物質循環	生態系 地球上の物質循環	
	資源と環境保全	資源 自然環境の保全	

2 実験事例について

「理科Ⅰ」の目標には、観察・実験の重要性が強調されている。適切な観察・実験を、適宜授業に組み込み、自然に対する興味や関心を高めることが必要である。しかし、「理科Ⅰ」で取り上げる観察・実験は、その性格からみてあまり高度なものではなく、生徒が興味や関心をもって取り組むことができ、内容の理解に本質的に役立つようなものが望ましいわけである。

実験事例設定にあたっては、各中項目ごと1つ位が適当であると考え、16事例にとどめた。また、小・中学校との関連を重視し、できるだけ身近な教材・教具や入手の容易な素材を選ぶとともに、中項目の内容を理解させるに役立つと思われる平易で、しかも、結果の明瞭にできる実験を考えた。さらに、十分吟味した学習指導案を作成し、実際に授業を通して50分で学習できるよう検討した。

Ⅲ 研究の経過

1 研究計画

本研究は2カ年の継続研究であり、その年次計画は次のとおりである。

昭和56年度 「理科Ⅰ」指導資料(Ⅰ)の作成

昭和57年度 「理科Ⅰ」指導資料(Ⅱ)の作成

2 研究経過

- (1) 本指導資料は単なる「実験手引書」ではなく、授業実践の成果を十分取り入れた学習指導細案を示すことで、授業の流れが明確に把握できる指導資料として活用できるようにした。
- (2) 本研究の趣旨及び基本的考え方を確定し、その上に立って大項目を4つに編成した。
- (3) 年間実授業時数を120時間に設定して各大項目に30時間ずつ配分し、指導計画を検討した。
その結果、各大項目でとりあげる実験事例は4例ずつとした。
- (4) 研究協力委員会で中項目の内容を検討し、実験事例を決定した。
- (5) 研究協力者は、第1学年でそれぞれ2回の授業を実施した。

3 研究協力委員会

- (1) 研究協力者は、各大項目毎に2名ずつ選定し、協力を依頼した。
- (2) 研究協力者、研究担当者による研究協力委員会を次のとおり開催した。
第1回研究協力委員会 8月26日 研究の趣旨、基本的考え方、指導計画等の検討
実験項目、内容、方法、授業実践計画等の協議
第2回研究協力委員会 12月24日 授業研究の分析と検討
- (3) 研究協力者は下記のとおりである。

氏 名	学 校 名	担 当 科 目
栗 野 康 夫	県立山形西高等学校	地 学
武 田 次 弘	県立上山高等学校	地 学
中 沢 法 子	県立天童高等学校	生 物
佐 藤 明 令	県立寒河江工業高等学校	化 学
渡 部 勇 吉	県立谷地高等学校	生 物
後 藤 晋 也	県立左沢高等学校	化 学
伊 藤 孝	県立東根工業高等学校	物 理
小 野 義 清	県立尾花沢高等学校	物 理

Ⅳ 指導事例

1 物質の構成と変化

(1) ね ら い

私たちの周りには、多種多様な物質が存在しているが、これらの物質も比較的限られた種類の成分元素の組み合わせによってできている。

ここでは、代表的な物質について、その性質や変化についてしらべさせるとともに、物質をつくる基本的な粒子について微視的な観点からの認識を深めさせる。

さらに、構成粒子の数を単位とした「モル」の概念から物質の化学変化における量的な関係を理解させることがねらいである。

中学校理科では、物質について巨視的な見方としての物質の構成と変化について学び、さらに微視的な見方にたつての物質の成り立ちを粒子モデルの導入をして考察させ、物質観の育成を促してきている。

理科Ⅰにおける「物質の構成と変化」では、中学校理科における物質概念の学習を受けて、それを強化、充実し、発展させるようにする。したがって身近かな、しかも代表的な物質をとりあげて、性質と構成粒子とのかかわりを考察させ、さらに物質量「モル」の概念を中心として化学変化を起こす物質の量の間には一定の関係があることを理解させる。また物質の構成と変化についての実験を通して基本的な科学概念の形成と科学の方法についての習得をはかり、自然と人間生活との関係について認識を深めさせる。

(2) 指 導 計 画

中 項 目	小 項 目	指 導 内 容
物 質 の 成 分 (7h)	- 地球をつくる物質 - 生物をつくる物質 - 物質の組成と元素	大気・地殻の成分、物質の状態、化学変化 生物の組成、無機化合物、有機化合物 物質の分類、元素の種類、物質の分離・精製・検出
物 質 の 構 成 (7h)	- 原子説と分子説 - 原子の構造 - イオンと分子	原子説、化学基本法則、分子説 原子構造、電子配置、同位体、周期律 イオンの生成、分子、化学式
物 質 の 量 (8h)	- 原子量と分子量 - モル - 溶液と濃度	原子量、分子量、化学式量 アボガドロ数、モル、モルと質量・体積 溶解度、モル濃度
物 質 の 変 化 と 量 的 関 係 (8h)	- 化学反応式 - 化学反応と量的関係 - いろいろな化学反応	化学反応式、化学反応式と計算 化学反応における量的関係、中和反応 気体・呈色・沈でん反応、化学反応と熱

(3) 物質の成分

ア. ねらい

自然界を構成している物質について、どのようなものから成り立っているかを概観して、物質の分類、物質をつくっている成分元素の種類を学習する。さらに物質の分離、精製や成分検出などの実験を通して、物質の基本的成分としての元素を理解させる。

イ. 構成と展開の要点

この項目で扱う事項は大部分が中学校理科の既習事項である。しかし物質の分類や物質の成分元素について復習を行いながら学習を深め、充実、発展をさせることは、理科Ⅰにおける「物質の構成と変化」についての学習を進展させる基礎的な役割をはたすので、中学校理科の学習内容との関連を図りながら指導することが大切である。

日常生活近な、しかも代表的な物質を取り上げるようにし、多種多様な物質も比較的限られた成分元素の組み合わせからできていることを理解させるようにする。

地球をつくる物質や、生物をつくる物質については、深入りすることをさけ、これらの物質を概観することから、組成や元素の種類を理解させるようにする。

物質の組成と元素の項目については、できるだけ分かりやすい物質をとりあげて、物質の分類、成分元素の種類、物質の分離、精製、検出を行うようにする。したがって実験や図表並びに視聴学教材をとり入れた指導を行う。さらに物質についての科学史的な事柄をとり入れ、生徒の興味・関心を促し、生徒の実態に即した学習の展開をするように配慮することが大切である。

ウ. 小・中学校と高等学校との関連

	第2・4学年	第5学年	第6学年
小 学 校	物が水にとけるときの様子とはたらき。 (とけかた、温度、とける量)	- 固体が水にとける量 (溶ける量、濃さと重さ) - 物が燃えるときの変化やはたらき(空気、酸素、二酸化炭素)	- 水溶液(気体がとけているもの、酸性、アルカリ性、中性、金属がとけること) - 物が燃えるときの様子(炎、温度、変化)

	第1学年(物質と反応)	第2学年(物質と原子)	第3学年(物質とイオン)
中 学 校	- 物質の様子(物質の姿) - 加熱と燃焼(状態変化) - 分解と化合 - 気体の発生	- 純物質、混合物(bp, mp) - 化学反応 - 原子と分子(元素記号、組成、化学式、反応式)	- 水溶液(分散、濃度%) - イオン(電解、イオンモデル) 酸、アルカリ、塩 - 化学反応と熱

高 等 学 校	〔理科Ⅰ〕	・物質の成分
	〔化学〕	・物質の化学的性質(無機物質、有機化合物、高分子化合物)
		・物質の状態(純物質、混合物、気体の分圧、コロイド溶液)

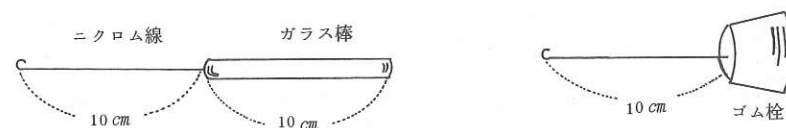
エ. 実験事例設定の理由

「物質の成分」における実験として、蒸留、沸点測定、融点測定、熱分解、状態変化などが考えられる。いずれも、物質の分離、精製や成分検出の実験として適している。しかし装置準備や操作などに時間を要する。「炎色反応」の実験は、古くから成分検出法として分析に使われているもので、特別な装置、器具を準備しなくとも容易にできるものである。また顕著な炎色を示す薬品、試料が身近に得られるので「炎色反応により成分元素を確かめる」実験を設定した。

オ. 指導にあたって

「炎色反応」の実験は物質の組成と元素の項目を学習するときに実施する。生徒1人ひとりにニクロム線をもたせて実験、観察させることが望ましい。試料、薬品、器具は実験台毎に準備する。

ニクロム線にはガラス棒の柄をつけるが、場合によっては、ニクロム線をゴム栓に差し込み、熱が伝わらないようにして使ってもよい。またニクロム線の先端を少し丸め、溶液がつきやすくしておき、古くなったときは切り替えるようにする。



カ. 実験事例 炎色反応により成分元素を確かめる

(ア) 実験のねらい

ナトリウムを成分元素としてもつ物質は、特有の炎色反応を示すことをしらべる。さらに身近な物質についての成分元素を炎色反応によって確かめさせる。

(イ) 実験の準備

器具 ニクロム線、試験管、ベトリ皿、バーナー、薬さじ

薬品 塩化ナトリウム、塩化カルシウム、塩化バリウム、塩化カリウム、水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、塩酸、しょう油、合成洗剤(粉末)、化学調味料

(ウ) 展 開

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	指導上の留意点 ※確認
ナトリウムを成分元素としてつ物質について復習させる。 (3分)	ナトリウムを成分元素とする物質にはどのようなものがあるか。 ※食塩、水酸化ナトリウム、セッケン……。	ナトリウムを成分元素とする物質を簡単に見分けることができないだろうか。 ※薬品で反応させてみる……。	見分ける方法等について、詳しくは期待しない。
本時の学習事項(実験)について演示し、ねらいを理解させる。 (7分)	NaCl, NaOHについて、その水溶液をつくり、炎色反応を演示する。(左図) ・ニクロム線の先端をバーナーの外炎の中に入れ、炎がほとんど着色しなくなるまで焼く。 ・試験管内の試料をニクロム線につけ炎色をみる。 2～3回くりかえす。 ・別の試料(NaOH)の炎色を試すときは、必ずニクロム線を水洗し、塩酸をつけて焼き、バーナーの炎が着色しなくなってから炎色反応を行う。	水約5mlにNaClを小さじ一杯溶かす、NaOHは一粒 バーナーの外炎を酸化炎ともいう。	※本時のねらいについて理解できたか。
炎色反応	演示したNaClとNaOHの炎色が共通した色であることを観察することができたか。 ナトリウムを成分元素とする物質について炎色反応を調べ、さらに身近な物質(しょう油、洗剤、調味料)について炎色反応を試みることを説明する。 Na以外でも特色ある炎色反応を示す物質は、成分元素を確かめることができることを説明する。		
実験の準備をさせる (3分)	※各班ごとに試験管5本、ニクロム線2本、薬さじを準備し、試験管3本に番号(マジックペン)を付す、1本には塩酸約5ml入れる。		2～4人で班編成。
ナトリウムを成分元素とする物質の炎色が共通していることを実験により確かめさせる。 (実験1) (10分)	次の順序で実験・観察をさせる。 ① 番号を付した3本の試験管に純水約5ml入れ、それぞれに、NaCl, Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SO ₄ を小さじ一杯加え、よく振って水溶液をつくる。 ② ニクロム線の先端をバーナーの外炎の中に入れ炎の色が着色しなくなるまで焼く。 ③ 水溶液をニクロム線の先端につけ、外炎で炎の色を観察する。 ④ 異なる水溶液の炎色を試すときは、その都度ニクロム線を水洗し、塩酸につけ炎の中で焼き炎が着色	試料を水溶液にしなくても炎色は見られるが飛び散りやすいので水溶液にする。 塩酸の取り扱いに注意させる。	

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	指導上の留意点 ※確認
	しなくなってから炎色反応を観察する。 ※②～④の操作をくり返し行い、炎色を観察し、記録する。 観察結果を発表させる。		
身近にある物質にも、ナトリウムを成分元素とするものがあることを確かめさせる。 (実験2) (10分)	しょう油、合成洗剤、化学調味料について、実験1と同じ操作で炎色反応を行わせる。 ※それぞれの炎色反応を観察して記録する。 観察結果を発表させる。	しょう油は駒込ビベットで約0.5mlとりうずめる。 ※実験1で使った試験管をよく水洗いしているか。	
成分元素によって固有の炎色を示すことを確かめる。 このことから、成分の推定が出来ることを理解させる。 (実験3)(10分)	KCl, CaCl ₂ , BaCl ₂ について、実験1・2と同じ操作で炎色を観察させ、記録(右表)させる。 ベトリ皿3個に番号を付し、それぞれにKCl, CaCl ₂ , BaCl ₂ を入れ、生徒には何が入っているかを知らせず配布する(実験台毎) 実験1・2と同じ操作で炎色を観察し、右表と比較し成分元素を推定し確かめさせる。	物質 成分元素 炎色	上の表(炎の色を採色して)をシートにOHPで提示してもよい。
本時のまとめとあとかたづけをさせる。 (7分)	実験1～3について炎色反応の結果を発表させる。 Sr, Cu, Li等(アルカリ金属)は顕著な炎色反応を示すことに触れる。 花火等の色彩が炎色反応と同じ効果であること。 古くから定性分析に炎色反応が利用されていること。 実験の器具を水洗させ、あとかたづけをさせる。		炎色反応は炎の中で揮発したNa原子が励起され、固有の黄色光線を出すことによる。

物質	KCl	CaCl ₂	BaCl ₂
成分元素	K	Ca	Ba
炎色	赤紫色	橙赤色	青緑色

(4) 物質の構成

ア. ねらい

物質を構成する基本的な粒子としての原子・分子・イオンの存在は、どのようにして考えだされてきたのかを学習させ、さらに物質の性質や変化の基礎となる原理、化学法則、原子構造について理解をさせる。このことから物質について基本的な粒子概念の形成をはかるのがねらいである。

イ. 構成と展開の要点

この項目については、物質の構成単位としての原子、分子、イオンの存在は、どのようにして考えだされてきたのかを科学的な流れにそって、系統的に取り上げることが大切である。

① 古代ギリシャ人が、物質の根元についてどのように考えたか。

② 近世になって、原子説、分子説がどのように考えられ、確立されたか。

③ 現代における、物質についての理論体系の確立と原子構造の確認はどのようにしてなされたか
中学校理科第2学年からの学習において、物質の微視的な見方や考え方を導入し学習しているが、元素、原子、単体の区別や原子の結合の仕方、原子構造については学習していないので、既習事項と未習事項について確認と整理をしておくことが大切である。

化学領域における基本法則は、いずれも原子の存在を基にして、成立するものであり、相互に関連させながら理解をさせる。しかし原子そのものは観察させられないので、とすれば教師の一方的な説明だけになりがちである。したがって気体反応についての実験や具体的な反応事例とモデルとの対応、視聴覚教材の利用などをできるだけ多くとり入れて指導する。

原子構造や周期律の学習についても同じように、図表、モデル、視聴覚教材の活用が望まれるが、原子核については深入りをさせ、電子配置を理解させる程度にする。

イオンについては最外殻電子の付加、放出にとどめる。分子では化学結合には触れない。結晶物質についてはイオン結晶、分子結晶の区別をさせ、イオン、分子の理解を深めるようにする。

ウ. 小・中学校と高等学校の関連

	第 4 学 年	第 5 学 年
小 学 校	・物が溶けるときの様子を調べ、水の温度による溶け方の違いを理解させる。	・物が燃えるときの空気の変化を調べ、酸素や二酸化炭素、空気のはたらきや性質を理解させる。
	第 2 学 年 (物質と原子)	第 3 学 年 (物質とイオン)
中 学 校	・原子と分子 原子、分子、元素記号 化合物の組成、化学式 原子、分子のモデル 化学反応式	・イオン 水溶液の電気伝導性 電解質、非電解質 電気分解<イオンモデル> イオン<電子の授受>

中 学 校	・化学反応	反応物質の質量総和と生成物質の質量総和は等しい。 反応に関係する物質の質量比は一定である。
高 等 学 校	[理科Ⅰ] [化学]	・物質の構成 ・酸化還元反応(酸化、還元、電気分解、イオン化傾向、電池) ・原子の構造 (原子構造のモデル、核外電子配置、元素周期律) ・化学結合 (イオン結合、共有結合、物質の構造の性質)

エ. 実験事例設定の理由

「物質の構成」における実験として、気体の反応、分子模型の演示、イオン泳動などが考えられる。しかし、実験をとり入れるには準備、操作に時間をかけて実施しなければならない。「電気伝導性」をしらべる実験は生徒にとって、日常性のある事例であり、装置の組み立ても容易であり、さらに操作も簡単である、また、結晶物質の構成粒子を検証するに適している実験なので設定した。

オ. 指導にあたって

「電気伝導性」の実験は中学校理科においても実施している場合が多いと思われるが、100V交流を使用するので取扱いに注意させる。(20W電球で電流は約0.2A程度になる)

実験薬品のうち尿素は融点137℃で簡単に液状になるが分解してアンモニアを発生し、電気を伝えるようになるので、液体における尿素の伝導性は省いてある。また硝酸カリウムの融点は333℃であり、融点以上に熱すると亜硝酸カリウムと酸素が生ずるが他の薬品と混らないよう注意する。

カ. 実験事例 物質の電気伝導性をしらべる

(ア) 実験のねらい

イオン結晶、分子結晶の固体、液体の状態や水溶液にしたときの電気伝導性の有無を調べさせる。

(イ) 実験の準備

器具 20W電球(100V)、銅線電極(Fケーブル)、100mlビーカー、ルツボ、ルツボばさみ、三角架、三脚、乗さじ、ベトリ皿。

薬品 食塩、ショ糖、硝酸カリウム、尿素、酢酸ナトリウム、硫黄

(薬品名のラベルを貼り、ベトリ皿にそれぞれ大さじ一杯分入れ実験台毎準備)

(ウ) 展 開

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認																																
イオン性物質と分子性物質について復習をさせる (5分) 塩化ナトリウムとダイヤモンドの結晶構造模型	物質の中にはイオン性物質と分子性物質が数多く存在するが固体(結晶)について復習させる。 イオン結晶の物質にはどんなものがあるか。 ※食塩, 結晶硫酸銅……。 分子結晶の物質には, どんなものがあるか。 ※砂糖, ダイヤモンド……。 固体(結晶)を構成する粒子はイオン結晶と分子結晶に分けられるが, 粒子の配列はどのようにちがうのか。 ※正負のイオンが引き合って配列している。分子が配列している。		左図の模型をシートにかきOHPで提示																																
本時の学習事項(実験)について説明をし, ねらいを理解させる。 (5分)	右表を板書し, ノートに記入させ次の学習事項を説明する。 電気伝導性の有無を実験結果にもとづいて○×印を記入すること。 物質の状態による電気伝導性の有無から, その物質がイオン結晶か分子結晶かを考えさせる。 固体(結晶)をつくっている構成粒子が電気伝導性にどのようなかわりがあるのかを考えさせる。	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th colspan="3">電 気 伝 導 性</th></tr> <tr> <th></th><th>固 体</th><th>液 体</th><th>水 溶 液</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>食 塩</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>イ オ ウ</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>硝 酸 カ リ ウ ム</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>砂 糖</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>酢 酸 ナ ト リ ウ ム</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>尿 素</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		電 気 伝 導 性				固 体	液 体	水 溶 液	食 塩				イ オ ウ				硝 酸 カ リ ウ ム				砂 糖				酢 酸 ナ ト リ ウ ム				尿 素				
	電 気 伝 導 性																																		
	固 体	液 体	水 溶 液																																
食 塩																																			
イ オ ウ																																			
硝 酸 カ リ ウ ム																																			
砂 糖																																			
酢 酸 ナ ト リ ウ ム																																			
尿 素																																			
実験装置の点検と実験の準備をさせる。 (5分)	左図の装置について各接続点を確認させる。 銅線電極の間隔を1cmの巾にし汚れを除かせる。 電源(100V AC)に接続させ, 電極を三脚(金属)に触れさせて電球の点灯をしらべさせる。 電極の銅線・薬品に直接手を触れないように注意する。 薬品を入れたベトリ皿, ビーカー, ルツボ, 三角架について点検をさせる。																																		
物質の各状態による電気伝導性を実験さ	ベトリ皿に入れた試料について, 次の順序で実験をさせ, 結果を表に記入させる。																																		

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
せる。(20分) ・固体について ・水溶液について ・液体について	① ベトリ皿内のそれぞれの物質について, 薬さじを使って皿の中央に集める。 ② 物質に電極をさし入れ, 電流を通し電球の点灯によって電気伝導性の有無を調べる。 ③ 100ml ビーカーに純水約20ml 入れ準備する。 ④ ベトリ皿内のそれぞれの物質について小さじ一杯をビーカーの水に溶かし, 電極を入れて電流を通して電気伝導性の有無を調べる。 ⑤ それぞれの物質について, 小さじで量を追加して溶かし, 電球の明るさのちがいを観察する。 ⑥ ルツボを三角架にのせ三脚上に安定させる。 ⑦ イオウ, 硝酸カリウム, 酢酸ナトリウム, 砂糖のそれぞれについて約5g(小さじ4~5杯分)をルツボに入れる。 ⑧ バーナーで静かに加熱し, 液状になったとき電気伝導性について調べる。 [それぞれの薬品について必ず別々のルツボを使う。同じルツボを使うときは付着した薬品を完全に取り除き, 異なる薬品が混入しないようにする。]	① ベトリ皿内のそれぞれの物質について小さじ一杯をビーカーの水に溶かし, 電極を入れて電流を通して電気伝導性の有無を調べる。 ② それぞれの物質について, 小さじで量を追加して溶かし, 電球の明るさのちがいを観察する。 ③ ルツボを三角架にのせ三脚上に安定させる。 ④ イオウ, 硝酸カリウム, 酢酸ナトリウム, 砂糖のそれぞれについて約5g(小さじ4~5杯分)をルツボに入れる。 ⑤ バーナーで静かに加熱し, 液状になったとき電気伝導性について調べる。	※純水についても電気伝導性を調べさせる。 ※電極が汚れた場合は, 必ずスイッチを断ち電流を切ってから汚れを除く。 ※融点 イオウ 120℃ 硝酸カリウム 333℃ 酢酸ナトリウム 324℃ 砂糖 186℃ ※イオウは強熱するとかつ色になる。 ※硝酸カリウムは極に酸化銅(黒色)がつく。 ※蔗糖は約200℃でカルメラ化(かつ色)する。 ※酢酸ナトリウムは少量であるが, 極に酢酸銅(青緑)を生ずる。 ※①イオン ※②移動 ※③イオン ※④分子 ※⑤荷電粒子(電荷)
物質(固体)の構成粒子が異なると, なぜ電気伝導性がちがうかを考えさせる。 (10)	次のような設問をし(板書またはプリント配布)解答させる。 ① 食塩, 硝酸カリウム, 酢酸ナトリウムは構成する粒子が [] であり, それぞれ正負の電荷の引き合う力で結びついている。 ② したがって, それらが固体では規則正しく配列して [] しないので電気を導かない。 ③ しかし, 水にとかしたり, 液状にすると [] が動きやすくなり, 電気を導くようになる。 ④ イオウ, ショ糖, 尿素は構成する粒子が [] であり, 固体・液体・水溶液でも電気を導かない。 ⑤ このことは, 分子が [] をもっていないし, 電子は特定の分子のまわりだけにあり, 分子の間を移動しないからである。		
本時のまとめとあとかたづけをさせる。 (5分)	物質の電気伝導性の有無は, 物質内に荷電粒子がありこれが物質内を移動できるかどうかによることを説明してまとめる。 あとかたづけをさせる。		金属の場合等は荷電粒子が電子であることに若干ふれる。 シートに書きOHPで提示説明。

(5) 物質の量

ア. ねらい

物質を構成する原子や分子は種類によって、それぞれ決まった質量をもっている。ここでは原子・分子の質量の相対的な値として、原子量・分子量・化学式量を理解させる。また物質の量を表す単位として構成粒子（原子・分子・イオン）の数を示す「モル」を導入し、原子量・分子量・化学式量とモルの関係を理解させる。

イ. 構成と展開の要点

中学校理科では物質の量についての概念は、ほとんど触れていない。水溶液における濃度の表わし方として、重量パーセントを理解している程度である。

物質の量は理科Ⅰにおいてはじめて学習する内容であるが、化学領域だけでなく自然科学における基礎となる概念であり、特にモル概念は重要なので、学習したことが十分定着するよう配慮しなければならない。

前項目「物質の構成」で学習した分子説（アボガドロの法則）をもとにして、気体分子間や各種元素の原子間の相対質量が求められることを理解させる。物質質量の基本となるのは原子の質量であり、各元素の原子は一定の質量をもっているが、その値は極めて小さい（水素原子 $1.7 \times 10^{-24}g$ ）、質量数 12 の炭素を基準にして、これと各原子とを比較したときの相対的質量を原子量としている。分子量、化学式量についても同じであり、さらに分子はいくつかの原子が結合してできているので、分子の構成成分の原子量の総和が分子量になることを具体例で理解できるようにする。

前述のごとく原子の質量は極めて小さく、わずかな量の物質でも、含まれている原子や分子の数は極めて多い。したがって一定数（アボガドロ数 6×10^{23} 個）をまとめて一単位としての物質の量「モル」が定められている。即ち

「1モルはアボガドロ定数個（ 6×10^{23} 個）の粒子を含む物質の量」

「1モルの物質の質量は原子量や分子量にグラム（g）単位つけた値に等しい」

さらに、分子量や質量とモルの関係について、物質の質量 m [g] と分子量 M 、モル n [モル] との間には $n = \frac{m}{M}$ の関係があることを、具体的な事例で理解をさせるようにする。

溶液と濃度については、モル濃度を中心にして学習をすすめる、日常使われている重量パーセントとともに実験を交えて比較できるように指導する。

ウ. 小・中校と高等学校との関連

小 学 校	第 4 学 年	第 5 学 年
	・てんびんを作って、そのはたらきを調べ、物の重さはてんびんなどではかれる。	・固体が水に溶ける量を調べ、水溶液の濃さと重さの関係を理解させる。

中 学 校	第 1 学年（物質と反応）	第 5 学年（物質とイオン）
	・物質の様子（体積・重さの測定、単位体積の重さが物質の種類により決まる）	・水溶液（濃度が重量パーセントで表わせる、反応生成物と濃度、溶量について）

高 等 学 校	〔理科Ⅰ〕	物質の量
	〔化学〕	・反応の速さ（濃度、温度、触媒） ・化学平衡（可逆反応、平衡移動） ・化学反応と熱（反応熱と物質量） ・酸、塩基の反応（中和、ペーハー）

エ. 実験事例設定の理由

物質量を測定する実験としては、単分子膜法によるもの、気体の比重や体積によるものなどが考えられるが、小・中学校理科でも扱っている大理石と塩酸の反応は生徒にとって二酸化炭素の発生に結びついている化学反応である。この反応によって発生する二酸化炭素のモル数や分子量を計算することは、質量保存の法則や実験操作によって生ずる誤差の要因についても考察させやすい実験である。

オ. 指導にあたって

大理石は純度の高いものを選び、砕いたあとよく水洗いして使用する。これは表面の酸化物等を除くためである。また秤量するとき上皿てんびんでなく、精密ばかりを使わせるようにする。

実験操作によっては、理論値との差が生ずるが、その要因について十分考察させる。

カ. 実験事例 物質の量を測定する

——— 二酸化炭素のモル数と分子量を求める ———

(ア) 実験のねらい

大理石に塩酸を反応させ、発生する二酸化炭素の量は反応後の減量に相当することを確かめさせ（質量保存の法則から）、捕集した二酸化炭素のモル数と分子量を求めさせる。

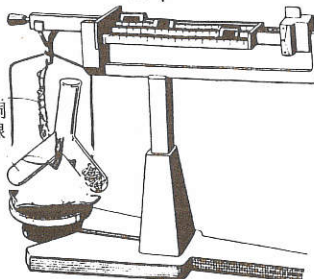
(イ) 実験の準備

器具 二又試験管、250 ml メスシリンダー、水槽、精密ばかり

薬品 大理石粒（純度の高いものをほぼ米粒大に砕き、よく水洗いし自然乾燥する）

6 モル/l 塩酸（濃塩酸 1 体積を水 1 体積に加え、よく攪拌する）

(ウ) 展 開

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
発生させた二酸化炭素の捕集法と、モルについて復習させる。 (7分)	○ 二又試験管の一方に大理石粒数個、他方に塩酸約5ml入れて提示し質問をする。 ○ 反応させると、どのような気体が発生するか。 ※ CO₂ ○ 発生させたCO₂を導管(ゴム栓、ゴム管)を用いて捕集し、体積を測るにはどうすればよいか。 ※ 水上置換 ○ 大理石(CaCO₃)の分子量は100、CO₂の分子量は44であるが、それぞれ1molの質量は何gであるか。 ※ CaCO₃ 1mol - 100g, CO₂ 1mol - 44g ○ CO₂は気体であるが、44gを体積にすると何ℓになるか(ただし、0℃ 1気圧のもと)。 ※ 22.4ℓ	○ CO₂ 比重 1.5 - 溶解度 1.0 ○ 量を測るため水上置換 ○ 大理石はすべて CaCO₃ として扱う。 ○ 化学反応式は学習していないので示さなくともよい。	
本時の学習事項(実験)について説明し、ねらいを理解させる。 (5分)	○ 二又試験管で提示したものを大理石の方に塩酸を移して反応させる。 ○ 反応前の二又試験管全体の重さは反応後どうなるか。 ※ 軽くなる。 ○ 軽くなった分はどこへいったのか。 ※ CO₂ になって逃げていった。 ○ したがって、軽くなった分を秤り、この重さの減量がCO₂であることから、分子量やモル数が求められることを、次式を板書して説明する。		※ 本時のねらいについて理解できたか。
実験の準備をさせる。 (5分)	○ 大理石粒を班毎に約1.0g配布し器具を点検させる。 ○ 精密ばかりの使用法を演示してみせる。(左図) ○ 250mlのメスシリンダーに水を一杯入れ、手の平でふたをし、倒立させ、空気が入らないようにして水槽中にそのまま立てる(スタンドで支えてもよい。)		

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
CO ₂ の発生、捕集計測をさせる。 (20分)	○ 次の順序で実験を行わせる。 ① 二又試験管のくぼみのある方に大理石粒を、他方に塩酸を約10ml入れる。	② 二又試験管を精密ばかりで正確に秤る(W₁g)。 ③ 二又試験管にゴム栓、導管(ゴム管)をつけ、導管の先を倒立させたメスシリンダーの中に一杯入れる。 ④ 大理石粒の方に塩酸を移し、反応させCO₂を捕集する。(左図)	※ 塩酸の取り扱いに注意する。 ※ ゴム栓・導管が完全であるか。 ○ 反応は7~8分で終了する。
	⑤ 大理石粒が反応して全部なくなったら、導管、ゴム栓をはずす。 ⑥ メスシリンダーの水位と水槽の水位を一致させ、CO₂の体積を読む(V_{ml})。 ⑦ 二又試験管をはじめ秤った精密ばかりで正確に秤る(W₂g)。		※ 水槽の水位が低いときは水を補充。
CO ₂ の体積について、温度補正、モル数、分子量の計算をさせる。(7分)	○ 左図のグラフを提示し、0℃におけるCO₂の体積を求めさせる(V₀) $V_0 = V \times f t$ ○ CO₂のモル数を計算させる。 $n = \frac{V_0}{22,400}$ ○ CO₂の分子量を計算させる(M)。 $\frac{(W_1 - W_2)}{M} = \frac{V_0}{22,400}, M = (W_1 - W_2) \times \frac{22,400}{V_0}$		○ 水蒸気、大気圧については補正しない。(1気圧とする。) ※ 温度は水温とする。 $M = \frac{W_1 - W_2}{n}$ - でもよい。
本時のまとめとあとかたづけをさせる。 (6分)	○ 測定したもつから求めた分子量を44.0と比較させる。 ○ 数値の差について、その理由と思われる点をあげさせる。 ○ 器具を水洗し、あとかたづけをさせる。		○ ほぼ42~46の値になる。 ○ 差の生じた主な原因 ・ 大理石の純度 ・ 捕集法 ・ 蒸気圧、溶解度

(6) 物質の変化と量的関係

ア. ねらい

化学変化における機構や量的関係は表面的には、わかりにくいものが多い。そこで化学変化を化学反応式で表わし、モルに基いた量的関係をしらべさせる。さらに化学変化に関する物質の間には一定の量的関係があることを理解させる。

イ. 構成と展開の要点

中学校理科においては、単純な化学反応、例えば物質の燃焼や金属酸化物の還元などの化学反応式がかかる程度であり、中和についても現象を定性的に理解させる程度の学習である。

ここでは、理科Ⅰにおける学習事項をふまえて、化学変化は原子の組みかえが起ることであり、各原子の総数は変わらないことを理解させ、化学反応式の原理、つくり方を学習させるようにする。

また、化学反応式において、モルを中心にした量的関係についての理解を深めるために

- ① 分子数の比 ② 物質量の比 ③ 質量比 ④ 体積比（気体の場合）

について相互に関連させながら、量的に一定であることを、具体的な例で示すようにする。

水溶液の反応・中和反応・気体反応・呈色反応と沈殿反応について、できるだけ身近かな、しかも、相互に関連させやすい化学変化について実験をとり入れて指導する。

化学反応と熱については、発熱反応、吸熱反応の例をあげる程度にとどめる。

この項目は「物質の構成と変化」についてのまとめになる。化学変化については分かりやすいものを選び、複雑なものについてははけるように留意する。

ウ. 小：中学校と高等学校との関連

小	第 5 学 年	第 6 学 年
学 校	物が燃えるときの変化（空気、酸素、二酸化炭素の性質）	- 水溶液の性質（酸性、アルカリ性、中性、金属をとかすもの） - 物が燃えるときの様子（炎、温度、変化）

	第1学年（物質と反応）	第2学年（物質と原子）	第3学年（物質とイオン）
中 学 校	- 加熱と燃焼（加熱による状態変化、酸素の化学変化） - 加熱と分解、化合 - 気体の発生と化学変化（気体の発生、捕集と化学	- 化学反応（反応物質の質量総和と生成物質の質量総和が等しい。化学反応の物質の質量比一定） - 原子と分子（元素記号、化合物の組成、化学式、化学	酸、アルカリ、塩（酸、アルカリはH^+とOH^-、中和は水と塩ができる。 - 化学反応と熱（中和熱、化学反応と熱の出入）

中 学 校	的性質)	反応と原子、分子のモデル 化学反応式)	・イオン（水溶液の電気伝導性、イオンモデル）
-------------	------	------------------------	------------------------

高 等 学 校	〔理科Ⅰ〕・物質の変化と量的関係 〔化学〕・化学反応の速さ（速い反応、触媒） ・酸塩基の反応（酸、塩基、中和） ・酸化還元反応（酸化還元、電解、電池、イオン化） ・化学反応と熱（反応熱、熱化学方程式） ・化学平衡（可逆反応、平衡移動）		
------------------	--	--	--

エ. 実験事例設定の理由

「物質の変化と量的関係」における実験として、反応物と生成物の量的関係を調べるもの、気体反応におけるモル比や体積関係を調べるもの、モル濃度溶液の調製などが考えられる。これらのどの実験もこの項目の理解を深める検証実験である。

「中和滴定により食酢の濃度をしらべる」実験は、日常使われている食酢を教材として、中和滴定の原理、操作の理解とともに、モル濃度とパーセント濃度を身近な例として総合的に取り扱えるので設定した。

オ. 指導にあたって

「中和滴定により食酢の濃度をしらべる」実験において、食酢中に含まれる酸は全部酢酸であるとして扱う。また、化学反応においては反応にかかわる物質は常に一定の量的関係にあることを学習した上で実験を行う。

カ. 実験事例 中和滴定により食酢の濃度をしらべる

(7) 実験のねらい

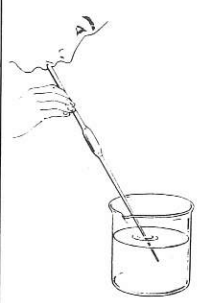
中和滴定の操作・原理によって、市販の食酢中に含まれる酢酸の濃度をしらべさせる。

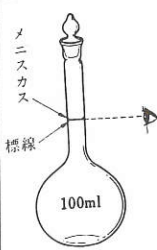
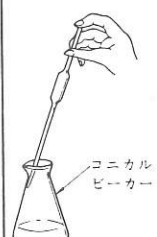
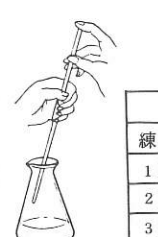
(イ) 実験の準備

器具 100mlメスララスコ、10mlホールビペット、50mlビュレット、ビュレット台、100mlコニカルビーカー（または三角スラスコ）、ろ斗
薬品 0.1mol/l 水酸化ナトリウム溶液（※注1）食酢（市販のもの）
フェノールフタレイン指示薬（※注2）

※注—後記

(ウ) 展 開

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
モル濃度・中和について復習させる。 (5分)	- モル濃度・中和について、次の事項を復習させる。 1 mol/l NaOH溶液・1 mol/l CH₃COOH (酢酸) 溶液とはどのような濃度か。 ※NaOH 1モル(40g)が水1ℓ中に溶けている。 ※CH₃COOH 1モル(60g)が水1ℓ中に溶けている。 - 両溶液とも1 mol/lの濃度で濃さが同じであるが、NaOHは40g、CH₃COOHは60g溶けているのになぜ濃さなのか。 ※1ℓ中に含まれるイオン数が同じであるから。 - 酸と塩基が過不足なく同じモル数が反応することを中和というが、かりに濃度が1 mol/l 酸と2 mol/l 塩基の溶液を中和させるにはどうすればよい。 ※酸の体積が2倍あればよい。	※NaOH式量40 ※CH₃COOH 式量60 ※ここでは電離度は考えないものとする。 ※6×10²³個 ※1価の酸・塩基についてだけ考えさせる。	
本時の学習事項についての説明をし、ねらいを理解させる。 (5分)	- 市販の食酢にはいろいろなものが含まれているが、その中の酸は酢酸が主である。この酢酸の濃度を中和反応によって求めることを説明する。 - 濃度X mol/lの食酢10mlをとり、これに0.1 mol/lのNaOH V' mlで中和したとすると、V' mlを測れば食酢の濃度X mol/lを求めることができる。 - このような操作が中和滴定である。 $\frac{X \text{ mol/l}}{1000} \times 10 \text{ ml} = \frac{0.1 \text{ mol/l}}{1000} \times V' \text{ ml}$ 酢酸のモル数 NaOHのモル数	- 酢酸以外の酸も含まれる場合がある。しかし、ここでは含まれる酸は酢酸とみなして中和滴定をする。 - 左式は、1価の酸と1価の塩基の中和の式である。 ※ $\frac{X}{1000} \dots 1 \text{ ml}$中の酢酸のモル数 ※ $\frac{0.1}{1000} \dots 1 \text{ ml}$中のNaOHのモル数	
中和滴定の操作を演示し、実験の手順を理解させる。 (10分)	- 次の順序で中和滴定の操作を演示し、説明をする。 ① 食酢10mlをホールビペットで測り、メスフラスコに入れ純水でうすめて100mlにする。(10倍にうすめる) ② ビュレットに0.1 mol/l NaOH液をろ斗を使って入れる。(おわたたらろ斗は必ずはずしておく) 	指示薬の呈色、取扱いや等から10倍にうすめる。	

指導内容	教師の活動	※生徒の活動																								
 メスフラスコ	③ ビュレットの cock を調節流下させ、目盛りの読み易い位置に液面をあわせる。 ④ コニカルビーカーに10倍にうすめた食酢をホールビペットで10mlをとり、フェノールフタレンを2～3滴加える。 ⑤ コニカルビーカーを振りながら、ビュレット内のNaOH液を滴下させていくと、淡赤色に着色する。 ⑥ 振っても着色した食酢液が変化しなくなったときのビュレットの目盛を読む。 ⑦ 練習一回、本実験3回を行い、滴下量の平均を求める(演示は1回)。	※練習で滴下量の概量を覚える。 ※概量に近づいたとき一滴(約0.03ml)ずつ滴下する。																								
 ホールビペット	 コニカルビーカー	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>滴下前の目盛</th><th>滴下後の目盛</th><th>差</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>練習</td><td></td><td></td><td>ml</td></tr> <tr> <td>1回目</td><td></td><td></td><td>ml</td></tr> <tr> <td>2回目</td><td></td><td></td><td>ml</td></tr> <tr> <td>3回目</td><td></td><td></td><td>ml</td></tr> <tr> <td>平均</td><td></td><td></td><td>ml</td></tr> </tbody> </table>		滴下前の目盛	滴下後の目盛	差	練習			ml	1回目			ml	2回目			ml	3回目			ml	平均			ml
	滴下前の目盛	滴下後の目盛	差																							
練習			ml																							
1回目			ml																							
2回目			ml																							
3回目			ml																							
平均			ml																							
中和滴定をし食酢の濃度を計算させる。 (25分)	○中和滴定を順序にしたが行わせ、計算させる。 ※ $X \text{ ml/l} \times 10 \text{ ml} = 0.1 \text{ mol/l} \times V' \text{ ml}$ $X = \boxed{} \text{ ml/l}$ ○食酢は10倍にうすめたので、中和で求めた濃度を10倍する。 $X \times 10 = \boxed{} \text{ mol/l}$ ○食酢の比重が1.02であることを示し、食酢中の酢酸のwt%を求める $\frac{60 \times \boxed{}}{1020} \times 100 = \boxed{} \text{ wt\%}$	○ CH_3COOH の分子量は60、CH_3COOH 1lの重量は1.02 × 1000 = 1020g																								
本時のまとめとあとかたづけをさせる。 (5分)	○滴定量の平均計算値について発表させる。 ○結果のばらつき(滴定量)、計算値の差について原因を考えさせる。 ○器具を水洗し、あとかたづけをさせる。																									

※注1 水酸化ナトリウムは潮解性があるので、分折等において標準液として使う場合、シュウ酸等で標定しなければならない。

ここでは、実験の都度、水酸化ナトリウム4gを秤り、純水にとかしメスフラスコに入れ、純水を加えて1ℓとする。

※注2 フェノールフタレン0.1gをエタノール90mlにとかし、純水を加えて100mlとする。これを滴瓶に小分けして指示薬とする。

2 運動とエネルギー

(1) ね ら い

われわれをとりまく自然界は「物質」で構成されている。「物質」が集まって物体や生物を作り時間の経過とともにさまざまな変化を続けている。

このうち、物体が時間的・空間的に変化するのが「運動」であり、この変化を通して一定に保たれる量が「エネルギー」である。

ここでは、自然界にみられる物体の運動を、分析的に探究する場合の基礎となる原理・法則を理解させ、さまざまな運動を系統的にみるようにすることがねらいである。「運動」の概念は、日常生活の中で比較的容易に観察・実験できる運動を手がかりに、具体的に理解させる。さらに、仕事と熱の関係から広義のエネルギーの保存則が成り立つことを学習させる。

この内容は、中学校理科第1分野、力・運動とエネルギーとの関係が深いので、中学校での学習をふまえ、無理なく指導することが大切である。

(2) 指 導 計 画

中 項 目	小 項 目	指 導 内 容
力 と 運 動 (14h)	速さと速度	速さの定義、等速直線運動、s-tグラフ、v-tグラフ、単位について 「速度」と「速さ」の違い、ベクトル量とスカラー量、ベクトルの合成と分解、変位、相対速度
	等加速度運動	平均の加速度、グラフと式
	運動の法則	運動の三法則、質量、力の単位 力と運動の歴史
	摩 擦 力	最大摩擦力、静止摩擦係数、摩擦角 動摩擦力
落 体 の 運 動 (5h)	自由落下運動	自由落下運動、重力の加速度
	放物運動	水平投げ、斜方投げ
仕 事 と 熱 (5h)	仕 事	仕事の定義、仕事の単位、仕事率 仕事の原理
	熱 量	熱量、比熱、熱容量、熱量の保存
	仕 事 と 熱	摩擦熱、熱の仕事当量 エネルギーとしての熱量
エネルギーの変換と保存 (6h)	位置エネルギー	エネルギー、重力による位置エネルギー 弾性による位置エネルギー
	運動エネルギー	運動エネルギー

中 項 目	小 項 目	指 導 内 容
エネルギーの変換と保存 (6h)	力学的エネルギー保存の 法則	力学的エネルギー 力学的エネルギー保存の法則 エネルギーの変換

(3) 力 と 運 動

ア. ね ら い

ここでは、いろいろな運動の中で最も基礎的な直線運動の観察・実験を通して、時間と移動距離の関係、時間と速さとの関係を調べて速度、加速度の概念を理解させ、運動の第二法則を中心として運動の三法則を理解させることをねらいとしている。

イ. 構成の展開の要点

物体の運動には、落下運動、放物運動、円運動、単振動などのさまざまな運動があるが、ここでは最も基礎的な直線運動を、観察・実験を通して扱う。

「速さと速度」では、等速直線運動の実験結果をグラフ化して時間と移動距離の関係、時間と速さの関係を調べる。この内容は中学校で学習してきているが、ここで確実な定着化をねらう。さらに、加速度の概念の理解に発展させ、物体の運動の様子をグラフや数字で表わせるようにする。また「速度」の定義から「速さ」との物理的違い、すなわちベクトル量とスカラー量の概念を明確にする。

「運動の法則」の学習は、この中項目の中心になる。まず、等速直線運動から運動の第一法則を理解させ、物体に力が働いていないことを強調する。次いで、力が働くときには運動がどのように変わるかを予想させ、運動の第二法則へ結びつける。第三法則では、作用と反作用の関係と、2力のつりあいの条件とが表現が似ているため混同されやすいので、それぞれが成り立つ条件を明確にし、両者をはっきり区別できるように指導することが大切である。

今回の学習指導要領の改訂で、中学校では第二、第三法則はいずれも削除されたので、ここで初めて学習することになるため、観察・実験を加えてきめ細かく指導する必要がある。

ウ. 小・中学校と高等学校の関連

小学校第4学年までの学習内容
風、ゴムなどで動くおもちゃ作り(第1学年) - おもりで動くおもちゃ作り(第2学年) - 風車(第3学年) ・ 風車の回り方, ・ 風車のはたらきをゴムやばねの伸び、おもりで比べる。 - てんびんを作り、はたらきを調べる。(第4学年) ・ つりあいの条件 ・ 上皿てんびん ・ 物の重さはばねの伸びでも測れる。

小 学 校	中 学 校	高 等 学 校
第6学年	第1学年	第3学年
・ て こ ・ てこのはたらき ・ 力の大きさは物の重さやばねの伸びで測れる。 ・ おもりの位置と、てこのはたらき ・ てこのつりあい ・ てこの原理と道具	・ 力のはたらき ・ 力とばね ・ 重力は質量に比例 ・ 重力単位 ・ 力の図示 ・ 力のつりあい ・ 2力のつりあい ・ 3力のつりあい ・ 合成と分解	・ 運動 ・ 日常の物体の運動 ・ 運動の表し方 ・ 慣性の法則 ・ 等速直線運動 ・ 落下運動 ・ 摩擦力
		- 理科 I - 物 理
		・ 力と運動 (運動とエネルギー) ・ 各種の運動 ・ 円運動 ・ 単振動 ・ 万有引力 ・ 運動量 ・ 運動量 ・ 力 積 ・ 運動量の保存

エ. 実験事例設定の理由

この中項目は指導事項が多く、内容も基本的なものである。「歩行実験」と「運動の第二法則」の2つの実験例を設定した。

「速さと速度」では、力学台車を押し放した運動、動くおもちゃの運動などを記録タイマーでテープに記録する実験が考えられるが、生徒が興味と関心をもって学習できるよう、自分の歩く様子を記録する「歩行実験」をとりあげた。「運動の法則」ではその重要性を考え第二法則の実験を設定した。

オ. 指導にあたって

ここに取り上げた2つの実験例はともに記録タイマーを使用する。中学校では、タイマーに直流式を使用する場合がある。その時の時間の単位には「打」(打点間数を用いて5cm/3打など)を用いている。ここでは交流記録タイマーを使用するが、これは電源周波数に同調して毎秒50打する。したがって、打点間の所要時間は50分の1秒であるから、時間に「秒」の単位が使用できることを説明しておく。

カ. 実験事例-A 歩行の速さをしらべる

(7) 実験のねらい

歩行の際の速さを記録タイマーでテープに記録し、そのテープを解析してs-tグラフ、v-tグラフを書くことにより、速さの物理的意味、変化の様子を生徒の体験を通して理解させる。

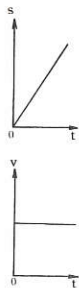
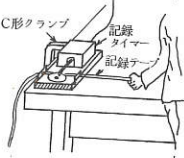
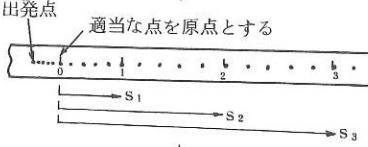
(1) 実験の準備

器具 記録タイマー(交流記録タイマーが望ましい。前述のように、時間に「秒」が使える。)

記録テープ、C型クランプ(タイマー固定用、ガムテープで固定してもよい。)

ものさし(1m尺、2~3mのスチール製巻尺が便利である。)、接着テープ、グラフ用紙

(7) 展 開

指導内容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認												
既習事項の復習をさせる。(7分)	- 本時は今まで学習した速さに関する知識をもとに、人の歩行の様子を観察するが、等速運動の場合、グラフで表わすと、$s-t$ グラフ、$v-t$ グラフはどんな形になるか。 ※ $s-t$ グラフは右上りの直線、$v-t$ グラフは t 軸に平行なグラフとなる。	等速運動の場合													
実験のねらいを説明する(3分)	自動車や汽車など機械的動力のものは、一定の割合で速さが変わったり、等速運動を持続することができるが人間が歩く場合はどんな様子なのだろうか。これから記録タイマーで実際に各自が歩き出す時の速さを記録し、グラフに表わして考えてみよう。														
実験の方法を説明する(5分)	- 実験の方法を、演示して説明する。 1. 図のように、机の端にタイマーを固定する。 2. タイマーのテープガイドに約1mのテープを通し、よじれないように伸ばす。 3. テープの端を持ち、手は腰にあてて振れないように体勢を整え、タイマーを作動させて、自然に真直ぐに歩く。 4. テープが通り終わったら、直ちにスイッチを切る。	- ガムテープで固定してもよい。 - 中学校で学習したタイマーの扱い方を思い出させる。													
実験をさせる(5分)	- 実験に必要な器具の確認をさせる。 ※上記の手順により実験を行う。各自1本ずつとる。 - テープの打点を点検させる。打点が飛んでいたり、余りにも不自然な場合は、もう一度とり直すよう指示する。	※実験の方法は理解できたか。 ※正しく歩いたか。 ※テープの打点はうまく記録されたか。													
測定法を説明する(30分)	テープの測定の方法を、図示して説明する。	テープは、接着テープで机に貼ると測定しやすい。													
測定をさせる(7分)	- テープを測定し、表のS欄に記入させる ※説明にしたいテープの測定をする。 - 測定は、原点から各打点番号までの距離であり、5打点距離ではないことを確認させる。	※測定及び表の記入は指示通りなされたか。	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>S (cm)</th><th>平均の速さ v (cm/sec)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>2</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		S (cm)	平均の速さ v (cm/sec)	0			1			2		
	S (cm)	平均の速さ v (cm/sec)													
0															
1															
2															

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
表をもとに、 $s-t$ グラフを作成させる(7分)	$s-t$ グラフの書き方を説明する。 - 縦軸に進んだ距離 s (cm)、横軸に時間 t (秒)をとる。 - 時間は0.1秒($\frac{1}{50}$秒$\times 5$)毎の目盛である。 - 軸の目盛は、最大値に注目して配分する。 - 各測定値を、グラフ上に点で記入する。 - 各点をなめらかな曲線で結ぶ。 ※説明に従い、グラフを作る。		- 折れ線グラフにしないように注意する。 ※グラフはデータ通りに正確に書けたか。 ※曲線はなめらかに書けたか。
$s-t$ グラフを考察させる(3分)	- グラフはどんな形をしているか発表させる。 ※はじめは2次曲線に似たカーブ、しばらくして傾き一定の直線(に近い形)になっている。 - グラフの形から、歩き出す時は等速といえるか。 ※等速とはいえない。しばらくしてから等速になる。 - はじめの部分は、速さが増している様子を表わしていることを説明し、「等加速度運動」で学習することを知らせる。 - グループ内で互いにグラフを見て、形を比較させる。 ※グラフの形は人によって異なる所がある。 - その理由を考えさせる。 ※歩き出す時の「勢い」の違い、など。		
$v-t$ グラフを作り考察させる(7分)	$s-t$ グラフは人によって形が異なる。それでは、これを $v-t$ グラフで表わすとどうだろうか。 $v-t$ グラフの書き方を説明する。 - 距離 s の値の差、即ち5打(0.1秒)間の移動距離($s_2 - s_1$, $s_3 - s_2$, ...)を求める。 5打点間の平均の速さを求め、v 欄に記入する。 - 縦軸に平均の速さ v (cm/sec)、横軸に時間 t (秒)を取り、最大値に注目して、軸の目盛を配分する。時間は0.1秒毎の目盛である。 s_1 の平均の速さは0.~0.1秒の中央時刻0.05秒のところで代表させ、記入する。(s_2, s_3, ... も同じ) - 各点をなめらかな曲線で結ぶ。 ※説明された手順で $v-t$ グラフを作成する。 $v-t$ グラフはどんな形になったか。 ※はじめは右上り、しばらくして t 軸に平行に近くなる。		- 平均の速さ $\frac{\text{移動距離}}{\text{時間 (0.1秒)}} = \text{移動距離} \times 10$ - 折れ線グラフにしないこと。 ※グラフはデータ通りに正確に書けたか。
まとめ(3分)	$s-t$ グラフ、$v-t$ グラフを他の人のものと比較し、 ①人が歩くとき、変化の様子は一定ではない。 ②しかし、全体の傾向を見れば、歩きはじめは速さが増し、しばらくすると等速になるという似た形であること、を見出させる。		※自分の「歩き方」について、どんな感想をもったか。

実験事例-B 運動の第二法則をしらべる

(7) 実験のねらい

物体に力を加えると加速度を生じる。生じる加速度は、物体に加えた力に比例し、物体の質量に反比例する。(運動の第二法則)

このことを、力学台車と記録タイマーを用いてしらべる。

(f) 実験の準備

1 グループ4人が望ましい。

器具 力学台車、記録タイマー(交流記録タイマーが望ましい。)、車止め(注1)、おもり(力学台車と同じ質量のもの3個)(注2)、加速器(注3)、記録テープ、C形クランプ、接着テープ、グラフ用紙、ものさし(60cm以上)

注1: 3cm×5cm、長さ30cm位の角材。台車の当たる面にポリウレタンフォーム等のクッション材を接着しておけば更によい。

注2: レンガ、砂袋等も考えられるが、油粘土がよい。台車と同じ質量にして、ビニール袋で包む。

注3: 比較的容易に台車に一定の力が加えられるよう、加速器を自作する。

① 準備(材料)

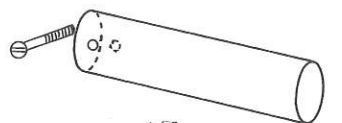
透明樹脂管(径2cm、長さ30cm)、ゴムひも(約25cm)4本、ボルト・ナット(径3mm、長さ3cm)1本、針金(径1mm、長さ30cm)、ワッシャ(穴の径5mm)4

② 製作方法

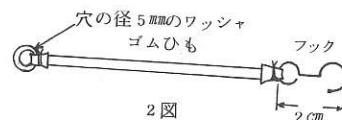
- 透明樹脂管の一端から5mm位の所に、ボルトを入れる穴を2箇所あける。
- 2図のように、針金でフックを4個作りゴムひもを同じ長さにそろえ、一端にワッシャ、他端にフックをつけたものを4本作る。
- 4本のゴムひもが同じ弾性力(同じ長さに伸ばしたとき、同じ力)であることをバネばかりで調べ確認する。
- 透明樹脂管にボルトをさし込み、管の中でゴムひもの一端のワッシャを4個通しナットでしめる。(完成)

③ 使用しない時は、フックは管からはしておく。

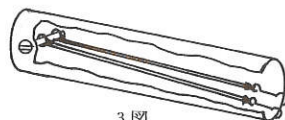
台車加速装置として市販されている器具を利用するのもよい。



1 図



2 図



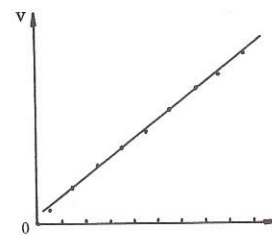
3 図

※v-t グラフの書き方と加速度を求める時の留意事項

本実験及び重力加速度を求める実験では、記録テープの数打点間の距離を測定してv-t グラフを書き、そのグラフの勾配から加速度を求める。従って、グラフの書き方が結果に大きく影響するので、書き方の指導を十分行う必要がある。

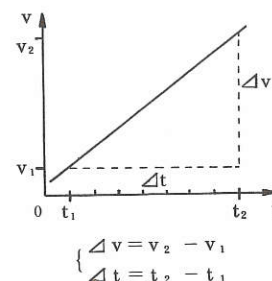
① v-t グラフの作成

- 記録されたテープ上で区切った打点間距離と、その所要時間から平均の速さを求める。
- 縦軸に平均の速さ(v)、横軸に時間(t)をとり最大値に注目して目盛を配分する。
- 平均の速さをグラフ上に、点で記入する。平均の速さは区間内の値であるから、点は各区間の中央時刻の位置で代表させ、記入する。
- このとき、点はできるだけ小さな点で、インキカボールペンで記入する。
- グラフ上の各点の並びから直線を1本引くのであるが、各点が完全に一直線に並ぶ、ということは少ないから、①点が最も多く乗るような直線か、または②バラつきがある場合は、点が、直線の上下に均等に分布するような平均的な直線を書く。
- できるだけ細い鉛筆でうすく直線を引く。次の加速度を求めるための重要な直線であるから、細かく点検し、必要ならば書き直しさせる。なお、打点は最初の方を除いているのでこの直線は原点を通らない。



② 加速度を求める

- 直線を書いた時点で、記入した「点」は役割を終え、この実験による速さは「直線で描かれた変化」を考えると考える。
- 直線上の、離れた任意の2点を取り、その速さの増加(Δv)と、そのときに要した時間(Δt)を求め、 $\Delta v / \Delta t$ により計算する。
- v_1 及び v_2 の値は、「直線上の値」を使うのであり、たとえすぐ近くに測定値から記入した点があっても、それは使わないことを強調する必要がある。



(7) 展 開

この実験は、内容的に2つの実験を含んでいるので、グループを2分し、平行しておこない、まとめの段階で両者の結果をつきあわせ、第二法則の検証にする。

- 質量が一定のとき、力と加速度の関係をしらべる。: グループA
- 力が一定のとき、質量と加速度の関係をしらべる。: グループB

指導内容	教師の活動	生徒の活動	指導上の留意点 ※確認
実験のねらいと、実験のすすめ方を説明する (3分)	・本時は、運動の第二法則の検証実験であることを知らせ、実験の内容(力と加速度の関係、質量と加速度の関係)により、グループAとBに分かれて同時に実験すること、最後に両者の結果をつきあわせて検討することを説明する。		
実験の方法を説明する (12分) ア グループA (7) 台車をきめる (i) 器具を配置する。	・グループAとBを指示し、実験の方法を演示して説明する。 ◎グループA：力と加速度の関係をしらべる。 1. 台車のみ(質量 m)、または台車とおもり1個(質量 $2m$)というふうに引く台車の質量をきめる。 2. 図のように、机の一端に記録タイマーを、他端に車止めを固定する。	◎グループA：力と加速度の関係をしらべる。 1. 台車のみ(質量 m)、または台車とおもり1個(質量 $2m$)というふうに引く台車の質量をきめる。 2. 図のように、机の一端に記録タイマーを、他端に車止めを固定する。 3. 1m程度に切った記録テープをタイマーに通し、その一端を台車の後端にタイマーを通った高さと水平になるように、接着テープで貼りつける。	・グループAとBは、基本的には同じ操作である。異なる点を強調する。 A：台車の質量は一定で、ゴムひもの数を変える。 B：ゴムひもの数が一定で、台車の質量を変える。 ・接着テープは、記録テープに直角に貼る。
図1			
(ウ) 台車の引き方 (エ) ゴムひもの数を変える		4. 加速器のゴムひもの端のフックを台車につけた糸にかけ、タイマーを動作させて、フックが管をわずかに離れる程度の引き方で台車を引っ張り、テープに記録をとる。(F=1) 5. ゴムひもの数を2, 3, 4本とふやし(F=2, 3, 4)、上記と同じ要領で台車を引っ張り、運動を記録する。各テープにゴムひもの数をメモする。	
イ グループB (7) ゴムひも2本で引く (i) 台車の質量を変える	◎グループB：質量と加速度の関係をしらべる。 1. グループAと同じ方法で、ゴムひも2本を用いて伸びが一定であるように台車を引っ張り、その運動をテープに記録させる。 2. はじめは台車だけ(質量 m)を引き、次に台車におもりを1, 2, 3個のせた場合(質量 $2m$, $3m$, $4m$)について行う。各テープに質量をメモする。		・台車を引く時はテープをつけず、2, 3回練習してからすること。 ※実験の方法は理解できたか。
実験をさせる (10分)	・器具を確認させ、実験に入らせる。(A, Bとも) ※実験机に器具を配置し、説明に従って実験する。 ・ゴムひもの数(台車の質量)毎に各1本ずつテープをとらせる。記録されたテープを点検し、必要ならばとり直しを指示する。		※車止めは、きちんと固定されたか。 ※台車の引き方はよいのか。 ※テープの記録はうまくいったか。 ※実験の手順はよいのか。
測定と整理の方法を説明し、整理させる (10分)	・図2と表を明示し、テープの測定と整理の方法を説明する。(A, B共通) 1. 記録されたテープに、図2のように原点を定めて		

指導内容	教師の活動	生徒の活動	指導上の留意点 ※確認																																								
一定打点(例えば5打点)毎に印をつける。この場合、はじめの部分は不明確であるから、読みとれる点を原点にする。	図2 記録されたテープ(単位時間を5打とした場合)	2. テープにものさしをあて、原点(x_0)から5打点毎の目盛 $x_1, x_2, \dots$ を読みとり、表のx欄に記入する。(グループA：表1, グループB：表2)	・テープは粘着テープで机に貼ると測定しやすい。 ・力(質量)の違いによるそれぞれのテープを、グループ内で分担して測定させる。																																								
表1 [グループA]		表2 [グループB]																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>F</th><th>F=1</th><th>F=2</th><th>F=4</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>x(cm)</td><td>$\bar{v}$</td><td>x(cm)</td><td>$\bar{v}$</td></tr> <tr> <td>x_0</td><td>0</td><td>[cm/打]</td><td>[cm/打]</td></tr> <tr> <td>x_1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>x_2</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	F	F=1	F=2	F=4	x(cm)	$\bar{v}$	x(cm)	$\bar{v}$	x_0	0	[cm/打]	[cm/打]	x_1				x_2					<table border="1"> <thead> <tr> <th>M</th><th>m</th><th>2m</th><th>4m</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>x(cm)</td><td>$\bar{v}$</td><td>x(cm)</td><td>$\bar{v}$</td></tr> <tr> <td>x_0</td><td>0</td><td>[cm/打]</td><td>[cm/打]</td></tr> <tr> <td>x_1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>x_2</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	M	m	2m	4m	x(cm)	$\bar{v}$	x(cm)	$\bar{v}$	x_0	0	[cm/打]	[cm/打]	x_1				x_2				
F	F=1	F=2	F=4																																								
x(cm)	$\bar{v}$	x(cm)	$\bar{v}$																																								
x_0	0	[cm/打]	[cm/打]																																								
x_1																																											
x_2																																											
M	m	2m	4m																																								
x(cm)	$\bar{v}$	x(cm)	$\bar{v}$																																								
x_0	0	[cm/打]	[cm/打]																																								
x_1																																											
x_2																																											
グラフを作成させる (10分)	3. 表で各x目盛の差を求め、5打間に進んだ距離、すなわち平均の速さを求める。 ※説明された手順で、測定し、整理する。	・表をもとにグラフの書き方を説明し、書かせる。 1. 縦軸に平均の速さ(v)、横軸に時間(t)をとり、 $v-t$ グラフを書く。 2. グラフの勾配から、それぞれの場合の加速度を計算する。(以上、グループA, B共通) 3. グループAは、縦軸に加速度(a)、横軸に力(F , ゴムひもの数)をとり、加速度を台車の質量の関数として表わした $a-F$ グラフを作る。 4. グループBは、縦軸に加速度(a)、横軸に質量(m)をとり、加速度を台車の質量の関数として表わした $a-m$ グラフを作る。 ※目盛に注意し、グラフを作る。	※整理の方法が理解できたか。																																								
図2																																											
グラフを考察させまとめさせる (5分)	・ $a-F$ グラフから、質量が一定のときの、力と加速度の関係を考えさせる。 ※加速度は力に比例して生じている。 ・ $a-m$ グラフから、力が一定のときの、台車の質量と加速度の関係を考えさせる。 ※加速度は質量に反比例して生じている。 ・グループAとBの結果から、力と加速度、質量と加速度の関係を考えさせ、運動の第二法則を理解させる。		※ $a-F$ グラフの意味を理解できたか。 ※ $a-m$ グラフの意味を理解できたか。 ※グラフはデータ通りに正確に書けたか。																																								
図3																																											

(4) 落体の運動

ア. ねらい

地球上では常に鉛直下方に力(重力)がはたらき、落体には重力加速度が生じている。ここでは、自由落下運動や放物運動を等加速度運動と関連させて分析することにより、落体は常に鉛直下方に等加速度運動をしていることを理解させる。

イ. 構成と展開の要点

ここで扱う内容は、自由落下運動と重力の加速度が中心である。

中学校では「落下運動は時間とともに速さが変わる運動である」程度の学習なので、自由落下による重力加速度の実験を通して落下運動は等加速度運動であることを明確にし、物体の質量によらず重力加速度は一定であること、および重力加速度 g の正しい値や意味を理解させる。

さらに、落下運動の発展として放物運動を扱う。ボールの水平投げや斜方投げをストロボ写真で解析すると、放物運動は水平方向と鉛直方向とに分解できる。したがって、この運動は、水平方向への等速直線運動と、その線上からの自由落下運動との合成として単純化して理解させることができる。数式を用いて説明することもよいが、モンキー・ハンティング(2球の空中衝突)の実験等を通して具体的に示した方が効果的な場合もある。

ウ. 小・中学校と高等学校の関連

小 学 校		中 学 校		高 等 学 校
第4学年まで	第6学年	第1学年	第3学年	理 科 I
- おもりで動くおもちゃ(2年) - 物の重さはばねの伸びでも測れる。(4年)	力の大きさは物の重さやばねの伸びで測れる。	- 重力は質量に比例 - 重力単位	落下運動	落体の運動

エ. 実験事例設定の理由

自由落下運動や放物運動をストロボ写真にとりそれを分析することは、時間とともに落下速度が大きくなっていることが具体的に眼でとらえられ、物理的意味を理解する上できわめて有効である。しかし、実験した結果を直ちに、数多くの生徒に分析させることは困難である。たとえば、あらかじめ準備した写真を与えるにしても、事前準備に相当の時間と器材を必要とする。

ここでは、身近にある器具(記録タイマーやおもり等)を使い、加速度と質量の関係も容易に比較でき、且つ実験結果を直ちに分析できる記録タイマーを用いた自由落下の実験をとりあげた。

オ. 指導にあたって

自由落下の現象はわれわれの身回りに広く見られるが、物体の形状によって落下の様子はかなり異なる。例えば紙片を広げたまま落下させたとときと、小さくまとめたまま落下させたとときとで比べられる。小さくまとめたときは空気抵抗が小さくなる(金属球等を落下させたとときは、重力に対して空気抵抗が無視できる)こと、一般にある現象をしらべるには、その現象にかかわる要素だけの理想化された状態

で実験を行う必要があることを説明する。

・ガリレオの行った斜面を用いた落下実験や、伝説と言われるが、ピサの斜塔での落下実験のエピソードなどを紹介して、生徒の興味をひき起こすことも考えられる。

カ. 実験事例 重力加速度の大きさをしらべる

(ア) 実験のねらい

落下する物体の運動の様子を記録タイマーで測定し、データをグラフ化して落下の運動が等加速度運動であることを確認し、グラフの勾配から重力加速度を求め、 $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$ であることを理解させる。

(イ) 実験の準備

1 グループ最低3名は必要である。

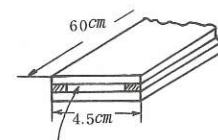
器具 記録タイマー(交流記録タイマーが望ましい。)、記録テープ、鉄製スタンド、

C型クランプ(スタンド固定用)、おもり(油粘土 500g ~ 1000g、ビニール袋で包む。)ものさし(60cm以上)、グラフ用紙、粘着テープ、テープガイド(注)

注: テープがタイマーを通る際の抵抗(主としてテープのはためき)を小さくするために使用する。厚さ2mmの透明樹脂板で自作する(右図)。塩ビパイプ用接着剤を使用。

内径2cm位の透明樹脂パイプで代用できる。

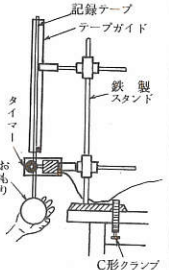
テープガイドはなくとも、実験できる。

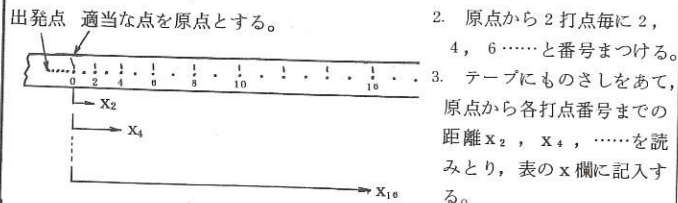


テープ通過孔(幅2.5cm)

(ウ) 展 開

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
既習事項の復習をさせる。(7分)	- 本時は、今までに学習した事柄をもとに、実際に自由落下運動を観測・測定して、その運動の様子をみる実験を行うことを知らせ、既習事項の復習をさせる。 「自由落下運動」とはどんな運動か。 ※初速度がゼロの落下運動である。 - 落下運動は「速さの変化」から見ると、どんな運動であるといえるか。 ※等加速度運動である。 ※重力加速度が生じている。 - これを $v-t$ グラフで表わすと、どんな形になるか。 ※右上がりの直線になる。 - 加速度の大きさの求め方はどうか。 ※グラフの勾配が加速度の大きさであるから、勾配を求めればよい。		
実験のねらいを説明する(3分)	この実験は、①落下運動が等加速度運動であることを確認し、②測定値をグラフ化して重力加速度の大きさ		全グループに同じ質量のおもりで実験させてもよいが、いくつかのグループ毎に

指導内容	教師の活動	※生徒の活動	指導上の留意点 ※確認
実験の方法を説明する。(5分) 	・実験の方法を演示し、説明する。 - 図のように、記録タイマーをスタンドにセットする。 - テープガイドとタイマーは鉛直に、また、テープガイドとタイマーのテープガイドが一直線になるように調整する。 - テープ(約70cm)をテープガイドとタイマーに通し、接着テープでおもりに貼りつけ、下から支える。 - タイマーを動作させ、おもりを落下させる。落下したら、すみやかにスイッチを切る。 - テープは、各自が落下させたものを1本ずつとりそれを整理する。	・おもりの質量を変えて実験させ、重力加速度は質量によらず一定であることを検証させるのもよい。 ・テープガイドを使用しない時は、テープを鉛直に保ち上からぶら下げ、自然に手を放す。	※実験の方法が理解できたか。
実験をさせる。(5分)	・器具を点検させ、実験に入らせる。 ※記録タイマーをスタンドにセットし、説明に従って、テープに記録をとる。 ・記録されたテープを点検させ、打点のとびなどで余りにも不自然な場合は、もう一度とり直すよう指示する。	※装置は正しくセットされたか。 ※テープの打点はうまくされたか。	※実験の方法が理解できたか。
テープの測定及び測定値の整理の方法を説明し、整理させる(5分)	・図と表を示し、テープの測定と測定値の整理の方法を説明する。 打点のはじめの部分を除き、打点のはっきりしたところを原点(0)とする。	・テープは接着テープで机に貼ると測定しやすい。	※測定及び整理の方法は理解できたか。

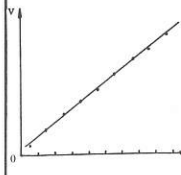
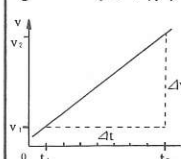


打点	落下運動 x (cm)	各区間の 落下距離 Δx (cm)	各区間の 平均の速さ v (cm/sec)
0			
2			
4			
6			

- 表により、各区間の落下距離 Δx を求める。各 Δx は $x_2, x_4 - x_2, x_6 - x_4, \dots$ で計算できる。
 - Δx の値より、平均の速さを求める。平均の速さは、落下距離(Δx) / 時間、で計算できるが、このときの各区間の落下時間は 0.04 秒(1/50 秒 × 2)である。
- ※説明に従ってテープの測定をし、測定値を整理する。

平均の速さ

$$\frac{\text{落下距離}(\Delta x)}{2/50} = \Delta x \times 2.5$$

指導内容	教師の活動	※生徒の活動	指導上の留意点 ※確認
v-t グラフを作成させる(15分) 	・表をもとに v-t グラフの書き方を説明し、書かせる。 - 縦軸に平均の速さ v [cm/sec], 横軸に時間 t [sec] をとる。 - 時間の目盛 0.04 秒である。 - 軸の目盛は、最大値に注目して配分する。 - 平均の速さをグラフ上に点で記入する。このとき平均の速さは区間内の値であるから、点は、各区間の中央時刻の位置で代表させ、記入する。 - グラフ上の各点の並びから、鉛筆で直線を1本引く。 ※目盛に注意し、説明された手順でグラフを書く。	・グラフの書き方及び加速度の求め方は、「運動の第二法則」の項参照 ・点はできるだけ小さく、インキカボールペンで書かせる。 ※グラフの書き方は理解できたか。 ・データを正確に処理していることに重点をおく。	※確認
等加速度運動であることを確認させ、重力加速度を求めさせる(10分) 	・グラフから、落下運動の速さの変化はどうなっているといえるか。 ※(ほぼ)一定の割合で増加している。 ※落下運動は等加速度運動であるといえる。 ・加速度(重力加速度)を求めさせる。 ※直線上の、離れた任意の2点を取り、その間の速さの増加(Δv)と、そのときに要した時間(Δt)を求め、$\Delta v / \Delta t$ により計算し求める。 ・計算結果が、ほぼ、9.8 m/sec^2 に一致することを確認する。 ・計算結果と $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$ との差異の原因について考えさせる。	・計算結果の差異 ・テープの摩擦 ・測定誤差 ・直線の引き方	

(5) エネルギーの変換と保存

ア.ねらい

ここでは、運動や仕事の学習をもとに、物体のもつ位置エネルギーや運動エネルギーを理解させる。また、摩擦や抵抗のない場合には、自然界のどんな運動においても力学的エネルギーが保存されることや、各種のエネルギーは相互に変換するがその総量においては保存されることを理解させる。さらに、自然界に起こるさまざまな変化は、エネルギー概念で統一的に見たり考えたりすることができるようにする。

イ.構成と展開の要点

ここで扱う内容は、位置エネルギー、運動エネルギー、力学的エネルギーの保存、各種のエネルギー及びエネルギーの変換と保存などである。

中学校では、エネルギー保存則を除いてはひととおり学習しているが、「物体の高さが高くなるほど位置エネルギーは大きくなる。」「物体の速さが速くなるほど運動エネルギーは大きくなる。」という定性的な扱いである。ここでは定量的な扱いを主とし、力学的エネルギーを中心として指導する。各種のエネルギーについては軽く扱う程度でよいであろう。

位置エネルギーについては、くい打ち機などによる実験から、落下させる距離やおもりの質量とくい移動距離を測定し、重力による位置エネルギー (E_p) がおもりの質量と高さ按比例すること、すなわち $E_p = mgh$ (J) を導く。運動エネルギーについても、水平にしたくい打ち機に力学台車を衝突させ、運動エネルギー (E_k) が質量と速さの2乗に比例すること、 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ (J) を導く。

これらの理解の上に立って、力学的エネルギーの意味、及び、落下運動における物体の位置エネルギーの減少と運動エネルギーの増加の関係を調べることにより、力学的エネルギー保存則を導く。さらに各種のエネルギー (電気、光、音、放射線のエネルギーなど) とその変換を扱う。

まとめとして、エネルギーは相互に変換するが、その総量は保存されている事実をあげ、自然を統一的に解釈する際の基本概念であることを認識させる。

ウ.小・中学校と高等学校の関連

小学校第5学年までの学習内容
- 物の影と形の違い (第1学年) - 日なたと日陰の地面の暖かさと乾き方 (第2学年) - 発音体の振動と糸などによる音の伝達 (第2学年) 土、水、空気、温度と日光のあたり方 (第3学年) - 鏡や虫がねで日光を集めると、明るさや暖かさが増す。 (第3学年) - 空気と水の熱膨張 (第4学年) - 空気と水の熱膨張の違い - 水の状態の変化 - 光の進み方、音の出方や伝わり方 (第5学年) - 光の直進性 - 反射、屈折 - 凸レンズ - 日光を通しやすい物は、日光で暖まりにくい。 - 音は空気や水を伝わる。 - 音の反射 - 音の強さと振幅

小 学 校	中 学 校	高 等 学 校
第6学年	第2学年	第3学年
- 物の温まり方 - 金属の熱の伝わり方 - 熱の伝わりやすいものと伝わりにくい物 - 空気、水の対流 - 温度による体積と重さ	- 電流による発熱 - 水の温度変化と熱量、質量 - 発熱量と電流、抵抗、時間	- 仕事 - 仕事の定義 - 仕事の原理 - 仕事率 - エネルギー - 重力による位置エネルギー - 運動エネルギー - エネルギーの変換と利用 - 光による仕事、熱と仕事
		- エネルギーの変換と保存 - 仕事と熱
		- 気体分子の運動 - 気体の法則 - 気体の分子運動 - 音波 - 光波 - 電流と仕事 - 核エネルギー

エ.実験事例設定の理由

力学的エネルギー保存則を調べる実験としては、自由落下運動における物体の位置エネルギーと運動エネルギーを調べ、保存則を導く方法や振り子を用いる方法等が考えられる。振り子を用いた場合は、最初の位置エネルギーが最下点での運動エネルギーに変換することは求められるが、途中での状態は求められない。また、装置のセットや測定法も技術を要し、開平計算も必要になる。そこでここでは、運動途中の力学的エネルギーが保存されていることが確認できるので、自由落下による実験をとりあげた。

オ.実験事例 力学的エネルギー保存の法則をしらべる

(7) 実験のねらい

自由落下運動において、落下する物体の重力の位置エネルギーは減少していくが、同時に、その運動エネルギーは増加し、両者の和 (力学的エネルギー) が常に一定であることをしらべ、力学的エネルギーが保存されている事実を確認する。

A点における力学的エネルギー: $mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2$ = B点における力学的エネルギー: $mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$

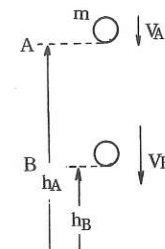
(1) 実験の準備

1 グループ最低3名は必要である。

器具 記録タイマー (交流記録タイマーが望ましい。), 記録テープ, 鉄製スタンド

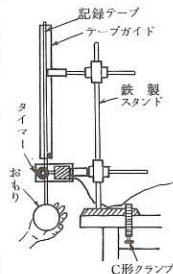
C型クランプ (スタンド固定用), おもり (油粘土 500g ~ 1000g, ビニール袋で包む。)

ものさし (60cm以上), グラフ用紙, 接着テープ, テープガイド



(ウ) 展 開

指 導 内 容	・教師の活動	※生徒の活動	・指導上の留意点 ※確認
実験のねらいを説明 明する (3分)	・本時の実験は、自由落下運動における物体のもつ、位置エネルギーと運動エネルギーを測定し、力学的エネルギー保存則が成り立つことを確かめることが目的であることを説明する。		
既習事項を復習させる (7分)	・力学的エネルギーとは、何と何のエネルギーの和であるか。 ※位置エネルギー (E_p) と運動エネルギー (E_k) との和である。 ・位置エネルギーはどのように表わされるか。 ※ $E_p = mgh$ (J) (m : kg, g : 重力加速度, h : m [メートル]) ・運動エネルギーはどのように表わされるか。 ※ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ (J) (m : kg, v : m/sec) ・どんな条件のときに、力学的エネルギーは保存される (一定に保たれる) のか。 ※空気の抵抗や摩擦がないとき。 ※重力以外の力がはたらかないとき。		
実験の方法を説明する (5分)	・実験の方法を演示し説明する。 1. 図のように、記録タイマーをスタンドにセットする。 2. テープガイドとタイマーは鉛直に、また、テープガイドとタイマーのテープガイドが一直線になるように調整する。 3. テープ (約70cm) をテープガイドとタイマーに通し、接着テープでおもりに貼りつけ、下から支える。 4. タイマーを作動させ、おもりを落下させる。落下したら、すみやかにスイッチを切る。 5. テープは、各自が落下させたものを1本ずつとりそれを整理する。	・テープに打点の記録をとるまでは、「重力加速度」と全く同じ方法である。 ・テープガイドを使用しない時は、テープを鉛直に保ち、上からぶら下げ、自然に手を放す。 ※実験の方法が理解できたか。	
実験をさせる (5分)	・器具を点検させ、実験に入らせる。 ※記録タイマーをスタンドにセットし、説明に従って、テープに記録をとる。 ・記録されたテープを点検させ、打点のとびなどで余りにも不自然な場合は、もう一度とり直すよう指示する。	※器具は正しくセットされたか。 ※テープの打点はうまく記録されたか。	
テープの測定及び測定値の整理の方法を説明し、整理させる (20分)	図と表を示し、テープの測定と測定値の整理の方法を説明する。 1. 打点のはじめの部分を除き、はっきりしている最初の点を1として、図のように、テープに順に2, 3, 4, ……と13まで番号を記入する。		



指導内容

・教師の活動

※生徒の活動

・指導上の留意点 ※確認

2. 計算はM・K・S単位で行うので、測定した値は [m] 単位に換算して表に記入する。

打点番号	l (m)	v (m/s)	E_k (J)	h (m)	E_p (J)
1	$\times 10^{-2}$	0.59	0.17	$\times 10^{-2}$	3.09
2	2.35			3.155	
3					2.79
4	4.00	1.00	0.50	2.845	
5					2.32
6	5.57	1.39	0.97	2.365	
7					1.69
8	7.02	1.76	1.55	1.725	
9					0.92
10	8.75	2.19	2.40	9.35	
11					
12	10.02	2.51	3.15		
13					

3. テープにものさしをあて、奇数番号間の距離 ($l_1, l_2, \dots, l_6$) を読みとり、表の l 欄に記入する。
4. l の値より、各区間の平均の速さ、即ち各偶数打点での速さを求める。
5. 平均の速さより、各点における運動エネルギー E_k

$= \frac{1}{2}mv^2$ を計算する。

6. 次に、最後の偶数打点 (12) から、各偶数打点 (順に 2, 4, ……10) までの距離 ($h_1, h_2, \dots, h_5$) を読みとる。
7. 12 打点目を基準にとると、 $h_1 \sim h_5$ は各偶数打点のときの「高さ」であるから h 欄に記入する。
8. h の値より位置エネルギー $E_p = mgh$ を計算する。
9. E_p と E_k の和を計算する。

グラフを作成させそれを考察させる

・グラフの書き方を説明する。

(10分)

1. 縦軸にエネルギー、横軸に時間を取り力学的エネルギー (E_p と E_k の和) の値に注目して目盛を配分する。
2. E_p と E_k の値を、各時間毎に、グラフ上に別々の印で記入する。
3. E_p と E_k の和 (力学的エネルギー) の値を点で記入する。
4. E_p , E_k 及び $E_p + E_k$ の各点をなめらかな曲線でむすぶ。

※目盛に注意してグラフを書く。

・位置エネルギーはどう変化しているか。

※時間とともに減少している。

・運動エネルギーはどうか。

※時間と共に増加しているか。

・力学的エネルギーはどう変化しているか。

※ (ほぼ) 一定であるといえる。

v と h

・ l の測定するとき、表の例のように、 2.3×10^{-2} [m] と指数で表わせば、 2.3 は測定した [cm] 単位の数字がそのまま使える。

・表の全部を整理させることが望ましいが時間等の関係でできないときは、最初と最後、及び中央部の3箇所の計算で目的は達せられる。(例えば表の欄外・印)

※グラフは正確に書けたか。

※ E_p と E_k の変化をグラフから判断できたか。

※力学的エネルギー保存則を理解できたか。

(6) 仕事と熱

ア. ねらい

ここでは、熱量や仕事と発熱量との関係について理解させる。さらに、熱がエネルギーの一種であることに気づかせ、次に学習する「エネルギーの変換と保存」への手がかりを得させることをねらいとしている。

イ. 構成と展開の要点

ここで扱う内容は仕事、熱量、仕事と発熱量との関係などである。これらは、中学校では、仕事、光熱と仕事などで扱っているのでその学習をふまえ、熱量や仕事と発熱量との関係についての学習を中心とする。

「仕事」では、その定義を一般化し、数式的な表し方とその意味を理解させる。中学校では単位にキログラム重メートル ($\text{kg重} \cdot \text{m}$) を用いているので、ここではじめてとり上げる単位、ジュール (J) について、それらの間の量的関係を含めて、混乱しないよう十分指導する必要がある。

「熱量」については、中学校では「水の温度変化は、加えた熱量及び水の質量に関係すること」という程度の学習なので、ここでは水以外の物質を扱い、比熱及び熱量を理解させる。

「仕事と発熱量」では、中学校では定性的な扱いなので、仕事当量測定の実験器などを用いて熱の仕事当量 J の測定をするなど定量的に扱い、熱がエネルギーの一種であることに気づかせ、次の「エネルギーの変換と保存」に接続するように指導する。

ウ. 小・中学校と高等学校の関連

小 学 校		中 学 校		高 等 学 校
第4学年	第6学年	第2学年	第3学年	理 科 I
- 空気と水の熱膨張 - 空気と水の熱膨張の違い - 水の状態の変化	- 物のあたたり方 - 金属の熱の伝わり方 - 熱の伝わりやすい物と伝わりにくい物	- 電流による発熱 - 水の温度変化と熱量、質量 - 発熱量と電流、抵抗、時間	- 仕事 - 仕事の定義 - 摩擦力 - 仕事の原理 - 仕事率 - 光・熱と仕事 - 光による仕事 - 熱と仕事	仕事と熱

エ. 指導にあたって

比熱や熱容量については、金属塊の比熱の測定実験や、熱量計を用いて金属容器の熱容量を測定するなど実験を主体として指導する。仕事と発熱量では、摩擦熱など身近な例をあげ、さらに熱の仕事当量 J の値を測定させるなどして、熱がエネルギーの一種であることを具体的に理解させる。

3 生命の連続性

(1) ねらい

自然を総合的にみたり、考えたりするとき、生物をどのような観点からみるかによって、いろいろの考え方がでてくる。その一つとして、自然の長大な時の流れのなかで生物をとらえるとき、進化の概念がでてくる。進化は自然の長い歴史の間における生物の変化の過程であり、その意味で自然を総合的に考察する重要な柱となる。

進化の中心概念は生命の連続性であるが、その理解のためには細胞分裂、生殖、発生、遺伝、変異の学習が必要と考える。中学校理科第2分野で、細胞の構造や細胞分裂について一応学習しているが、生殖、発生については生物の種類や体の仕組みのところで軽く扱う程度であり、遺伝や進化についてはほとんど触れられていない。ここでは、全体にわたって深入りすることを避け、4項目に含まれる内容を具体的に理解させるとともに、それらの相互関係を把握させ、生命の連続性という観点から進化の概念に到達させるのがねらいである。

(2) 指導計画

中 項 目	小 項 目	指 導 内 容
細胞とその分裂 (7h)	細胞のつくりとはたらき	細胞の発見、細胞の基本構造とそのはたらき
	細胞のふえ方	体細胞分裂、染色体
生殖と発生 (9h)	生殖の方法	無性生殖と有性生殖、性と生殖
	生殖細胞のでき方 植物の受精 動物の受精と発生	減数分裂、生殖細胞の形成 被子植物の受精 動物の受精、動物の発生過程(卵割、胞胚、 のう胚と胚葉形成、神経胚)
遺伝と変異 (9h)	遺伝の法則	メンデルの実験、遺伝の法則(優性の法則 分離の法則、独立の法則)
	遺伝子と染色体 変異	連鎖と組みかえ、染色体地図、性と遺伝 環境変異と突然変異
生物の進化 (5h)	進化の証拠	化石にみられる進化の証拠、生物の系統
	進化のしくみ ヒトの進化	いろいろな進化説

(3) 細胞とその分裂

ア. ねらい

「細胞とその分裂」については、光学的顕微鏡で観察できる範囲で、中学校で学習した内容を発展的に扱い、生殖・発生・遺伝・変異とつながる生命の連続性の基礎を習得させるのがねらいである。

イ. 構成と展開の要点

細胞は、中学校理科第2分野において、生物の体は細胞からできており、細胞は共通のつくりをもっていること、生物は細胞の分裂によってなかまを殖やしたり、成長したりすることを学習する。したがって、細胞の構造については植物と動物の適当な組織を比較観察して、細胞膜・細胞質・核などの共通なつくりと、細胞壁・液胞・色素体（葉緑体）などの有無について動物と植物の違いを学習している。また、細胞分裂については、体細胞分裂の際に核の中に染色体が現われ、これが2分してほとんど同じ細胞ができることについて、おおよその順序を学んでくる。

「理科I」におけるこの項目のねらいは、細胞の構造や細胞分裂を細胞学的にさらに掘り下げるのではなく、細胞の構造については光学顕微鏡で観察できる範囲にとどめ、中学校で学んだ事項の復習を兼ねて知識の定着化を図る程度とし、細胞分裂に重点をおくようにしたい。

細胞分裂は、体細胞分裂を扱う。後の生殖・発生・遺伝・進化の学習のための布石として体細胞の核分裂において、各染色体が縦裂して質的にも量的にも等しく2分すること、したがって、新たにできる2個の娘細胞は全く同じ染色体構成をもっていることを理解させる。特に、染色体は遺伝子のにない手であることから、核分裂の過程を染色体の行動と関連づけて指導する必要がある。

ウ. 中学校と高等学校の関連

中 学 校		高 等 学 校	
第1学年	第2学年	理科I	生物
植物の種類とつくり ・体のつくり 動物の種類とつくり ・体のつくり	生物と細胞 ・細胞のつくり ・細胞の分裂	細胞とその分裂	細胞と組織の形成 ・細胞とその分化 ・組織の形成

エ. 実験事例設定の理由

ここでの中心テーマは生命の基本単位としての細胞とその分裂である。細胞の構造を理解し、その細胞がどのように殖えるかを学習することは、生命の連続性をとらえる上に不可欠の基礎的事項である。したがって、細胞の観察と体細胞の分裂の観察は是非やらせたい実験である。

オ. 指導にあたって

細胞の観察においては、細胞学的に深入りするのではなく、中学校での復習を兼ね知識の定着化を図る程度にとどめる。また、体細胞分裂の観察においては、以後の生殖細胞の形成や遺伝などの関連から、染色体の行動に着目して学習を進めることが必要である。

細胞観察の材料としては、ムラサキツユクサの表皮細胞やおしべの毛、カナダモの葉の細胞、アオミ

ドロの細胞、単細胞生物などいろいろあげられ、体細胞分裂の観察においてもタマネギ、ニンニク、ソラマメなどの根端細胞がよく使われる。しかし、できるだけ実験材料が簡単にしかも長期間にわたって入手できること、さらに一つの実験材料でいくつもの実験ができることが、理科I実験の大きな要素と考える。この観点に立て、タマネギを実験教材としてとり上げた。

顕微鏡の扱い方については、中学校で一応学んでいるが、これ以後の顕微鏡を使う実験観察の基本技術となるので、別に時間を設けて習得させることが必要であろう。また、マイクロメーターの使用についても、生徒の実態を考慮して取り入れるようにする。

細胞の観察については中学校で既に学んでいることなので、細胞の学習を始める前に実験させるとより効果的であろう。また、体細胞分裂の観察は内容等を考え、実験の前に分裂に関する授業を行い、その後、検証の形で実験観察を行った方が理解させやすい。

カ. 実験事例一 A 細胞を観察する

(ア) 実験のねらい

生命の基本単位である細胞の形と構造について調べさせる。

(イ) 実験の準備

材料 タマネギ（年中使える）、ムラサキツユクサ（5月～11月）、ヒトの口腔粘膜上皮

薬品 酢酸カーミン液

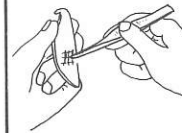
※氷酢酸4.5mlに蒸留水5.5mlを加え、カーミン4～5gを入れる。弱い炎で約1時間煮沸する。

カーミンは完全に溶けず飽和になる。冷却後ろ過し、着色びんに保存する。

用具 顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ベトリ皿、スポイト、ピンセット、ハサミ、柄付き針、マッチ棒、ガーゼ、スケッチ用紙

(ウ) 展 開

指 導 内 容	教師の活動	生徒活動	指導上の留意点 ※確認
本時のねらいを理解させる。（2分）	・顕微鏡を使って、生命の基本単位である細胞の形と構造をタマネギやヒトの口腔粘膜上皮を材料にして調べさせる。		※本時のねらいが理解できたか。
実験の準備をさせる。（3分）	※各班ごと顕微鏡をセットし、材料、用具、薬品を準備する。		・材料、用具、薬品はあらかじめ、グループ数だけ準備する。
実験の方法を理解させる。（15分）	・プレパラートの作成手順と観察の方法を演示し、説明する。 タマネギの表皮細胞 1. タマネギのりん葉を1枚はがし、その内側に5mm四方位の大きさにカミソリの刃で切れこみを入れ、薄膜状の表皮をピンセットで静かにはがす。 2. はぎとった表皮の外側が上になるようスライドガラスの上にのせる。		・この実験は中学校でもやるので復習の意味ももたせる。 ・カバーガラスをかける際、気泡の入らないようにする。



指導内容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
 タマネギの表皮細胞 × 100  ヒトの口腔上皮細胞 × 100	3. 水を1滴落し、カバーガラスをかけて100～150倍で、生きた状態の細胞を観察する。 4. 水のかわりに酢酸カーミン液を1滴落し、カバーガラスをかけて同じように100～150倍で観察する。 5. どのようにみえたかスケッチし、3と4の違いを書き留めておく。 ヒトの口腔粘膜上皮細胞 1. 頬の内側(口腔内壁)をマッチ棒で軽くこすり、ついた粘液をスライドガラス上になすりつける。 2. 酢酸カーミン液を1滴落し、カバーガラスをかけて100～150倍で検鏡する。 3. どのようにみえるか、その様子をスケッチしておく。	※マッチ棒でこする際、傷をつけないよう注意する。	
実験させる (25分)	・プレパラートを作成させ、検鏡させる。 タマネギ ※りん葉から表皮をはぎとり、スライドガラスにのせる。 ※水を一滴落し、カバーガラスをかける。 ※検鏡し、スケッチする。 ※酢酸カーミン液を1滴落し、カバーガラスをかけて検鏡し、スケッチする。 口腔粘膜上皮細胞 ※頬の内側から、マッチ棒で粘膜上皮をかきとる。 ※スライドガラスになすりつけ、酢酸カーミン液を1滴落し、カバーガラスをかける。 ※検鏡し、スケッチする。	※表皮の外側が上になるようスライドガラス上にのせたか。 ※気泡ができないようカバーガラスをかけたか。	※傷をつけていないか。
本時のまとめをせる。 (5分)	・酢酸カーミン液で染色したものとししないものとはどのように違うか。 ・スケッチしたものに各部分の名称を入れさせる。 ・植物細胞と動物細胞の共通している点、違う点は何か。 共通点 核、細胞質等 違う点 細胞壁(植物細胞)等 ※スケッチしたものを提出させる。	※酢酸カーミン液は核を特異的に染色する。	
後片付けをさせる。	※顕微鏡のステージなどが汚れていたら、ガーゼでふいて所定の場所に返す。 ※ガラス類は水洗し、ガーゼでふいて他の用具とともに所定の場所に返す。 ※ガーゼは洗って乾かしておく。	※所定の場所に返されたか。	

実験事例-B 体細胞分裂を観察する

(ア) 実験のねらい

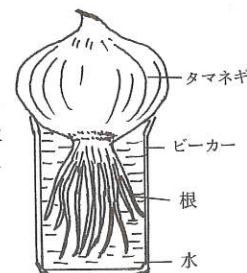
タマネギの根端細胞の分裂像を観察し、体細胞分裂の前期、中期、後期、終期の4つの時期からなることを染色体の行動と関連づけて理解させる。

(イ) 実験の準備

材料：タマネギの根端(実験グループの倍くらい準備する)

※タマネギをビーカーか紙コップなどに入れ、水栽培する。2～3日で発根する。根が2～5cmに伸びたら先端より1～1.5cmを切りとり、固定-解離-染色複合液に入れ、蓋をして24時間室温で放置する。従って実験前日に、複合液を入れた小型ペトリ皿をグループの数だけ用意し、その中に採取した根端を入れておくとよい。

※タマネギは4月頃の休眠期を除いて年中使用できる。



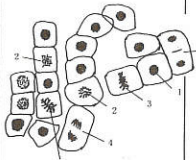
試薬：固定-解離-染色複合液

※植物の体細胞分裂を観察するには、まず細胞をできるだけ生きている状態に近いままに保存し、(固定)、次に細胞どうしの結合を分離(解離)しやすくして、染色する必要がある。この3つ処理を同時に行うのが固定-解離-染色複合液である。

※サフラン0.5gをエタノール20mlに溶かし、これを水で5倍にうすめたものと、INHClを1:1の割合にまぜ着色びんに入れておく。

用具：顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ピンセット、ペトリ皿、ろ紙、ガーゼ、カミソリの刃、スケッチ用紙。

指導内容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
既習事項を復習する。 (1分)	・体細胞分裂について復習させる。 体細胞分裂の過程における4つの時期を何んと呼ぶか。 ※前期、中期、後期、終期 ・各時期における染色体はどのようになっているか。 ※前期：核膜や仁が消失し、染色体が現われてくる。 中期：染色体が赤道面に配列する。 後期：染色体が2分し、両極に移動する。 終期：両極に移動した染色体は染色糸にもどり、仁や核膜ができ2個の娘核になる。細胞質も2分して2個の娘細胞ができる。	・授業が始まる前に、顕微鏡を各机の上に出して置く習慣づける。	
本時のねらいを理解させる。 (1分)	・タマネギの根端細胞を材料にして、分裂の様子を染色体の動きと関連づけて観察してみる。		※本時のねらいが理解できたか。
実験の方法を理解させる。 (10分)	・プレパラート作成の手順を演示しながら説明する。 1. ペトリ皿からタマネギの根端をとり、スライドガ		・材料を入れた複合液

指導内容	教師の活動	生徒の活動	指導上の留意点・確認
ア プレパラート作成 の手順を理解させる。 イ 観察の手順を理解させる。  1 静止期 2 前期 3 中期 4 後期 5 終期	ラスにのせる。 2. 先端（赤く濃く染まっている部分）から5mmのところをカミソリの刃で切り、先端部だけを残す。 3. カバーガラスをかけ、根端細胞の重なりを広げるために、カバーガラスの一端を押え、鉛筆の底でカバーガラスの中心から周囲にうずまき状に静かにたたく。 4. カバーガラスの上にも紙をおき、平らな机の上でカバーガラスがずれないように注意して、紙の上から親指の腹で強く押す。この操作で根端の細胞をばらばらにする。 ・プレパラート作成の手順が理解できたか。 ・観察の手順を説明する。 1. 作ったプレパラートを顕微鏡にセットし、100～150倍で分裂細胞をさがす。この際、根端の先端の方の小さい細胞に注目し、細胞の中に短かいヒモの集まりのように見えるものをさがす。これが分裂細胞である。 2. 分裂細胞が見えたら、400～600倍にあげて分裂の様子をスケッチする。 3. このようにして、各時期の分裂像をさがし、分裂の様子を観察し染色体の動きがわかるようにスケッチする。 4. 分裂像が見当たらないときは、もう一度プレパラートをつくる。 ・観察の手順が理解できたか。	を小型ペトリ皿に入れ、グループ数だけ準備しておく。	
実験の準備をさせる。 (3分)	※各班ごと顕微鏡をセットし、材料、用具を準備する。	・材料、用具はあらかじめグループ数だけ準備しておく。	
実験をさせる。 (30)	・プレパラートを作成させる ※タマネギの根端をスライドガラスにのせる。 ※カミソリの刃で先端部を切りとる。 ※カバーガラスをかけ、鉛筆の底で静かにたたく。	※間違いなく先端部を切りとったか。 ※根端の広がり方が十分か。	

指導内容	教師の活動	生徒の活動	指導上の留意点・確認
	※カバーガラスの上にも紙をおき、上から強く押す。 ・作ったプレパラートを検鏡させる。 ※100～150倍で分裂細胞をさがす。 ※400～600倍にあげて観察し、分裂の各時期の様子をスケッチする。 ・見付け出せない生徒については、指示接眼レンズを使って気付かせる。		※押しつぶし方は十分か。 ※分裂細胞をみつけたか。 ※分裂の各時期をさがし出せたか。 ・指示接眼レンズを準備し、机間巡視する。
本時のまとめをする。 (2分)	・体細胞分裂の各期の染色体の様子が理解できたか。 (既習事項の復習欄参照) ・分裂の過程をとおして、染色体が2分され2個の娘核になる。 ※スケッチしたものを提出する。		
後片付けをさせる。	※顕微鏡のステージなどが汚れていたら、ガーゼでふいて所定の場所に返す。 ※ガラス類は水洗し、ガーゼでふいて他の用具とともに所定の場所に返す。 ※ガーゼは洗って乾かしておく。		※所定の場所に返えされたか。

(4) 生殖と発生

ア. ねらい

「生殖と発生」については、中学校の基礎の上に立ち、生殖の方法、減数分裂とその過程、生殖細胞の形成、受精と発生の過程を生命の連続性という大きな観点から理解させるのがねらいである。

イ. 構成と展開の要点

この中項目は体細胞分裂と関連が深く、細胞が分裂し、さらに分化することによって成体になるまでの過程を学習するので、その構成は生殖の方法、生殖細胞の形成、受精、発生と一連の順序性をもつことになる。

内容については、中学校理科第2分野で植物には種子や孢子によって殖えるものがあること、動物には卵生と胎生の別があることを学ぶ程度に終っている。また、多細胞生物も1個の細胞から始まることは扱うが、受精や発生については、発生の初期を細胞レベルで見直す程度にとどめている。つまり、生殖・発生については経験的に、付随的に学ぶのであって、生殖・発生を直接目標とした学習は「理科Ⅰ」で初めてなされる。

生殖については、有性生殖について扱い、無性生殖は軽く扱う程度とする。ここでは、性徴と生殖器官、生殖細胞の諸概念を理解させる。生殖細胞の形成では減数分裂について扱い、生物の染色体数が種類によって一定であること、受精については生殖細胞の合体によって、もとの染色体数にもどることを中心に指導し、多岐にわたることを避けるようにする。また、発生については動物の初期発生を中心に扱い、発生のしくみについては扱わないようにする。

ウ. 小・中学校と高等学校の関連

小 学 校					
第1学年	第2学年	第3学年	第4学年	第5学年	第6学年
・種子や球根の成長と水 ・動物の体と形	・植物の成長と日光 種子→芽→花→種子	・花のつくりと実	・昆虫の体のつくりと一生	・植物の発芽と成長 ・魚の食べ物、卵のかえる様子と水温	・受粉と結実

中 学 校		高 等 学 校	
第1学年	第2学年	理 科 Ⅰ	生 物
・植物の種類とつくり ・動物の種類とつくり	・細胞の分裂	・生殖と発生	・発生と形態形成 動物の発生と分化 植物の成長と形態形成

エ. 実験事例設定の理由

実験としては、減数分裂の観察、花粉の発芽実験、受精と卵割の観察などがあげられるが、減数分裂については体細胞分裂との関連で割愛した。受精の実験は材料の入手及び技術的な面で「理科Ⅰ」の実験としてはやや難点があると思われるので、映画教材などを利用したい。また、卵割については地域性を考慮し、カエル卵の固定標本を用いて観察させることも考えられる。ここでは、手軽にできる花粉の発芽実験をとり上げ、花粉管の中の核の移動に着目させて受精の意義を理解させる。

オ. 指導にあたって

花粉の発芽実験は、培地も比較的手軽につくることができ、受精の意義を理解させるに好適である。前時に学習したことを検証させることによって、より一層理解が深まり知識を定着させることができる。

材料としてツバキに例をとったが、その他の植物の花粉についても調べてみるのもよい。ふつう人工培地としてシヨ糖-寒天培地を用いるが、シヨ糖液だけでも発芽がおこる。しかし、植物の種類によって花粉の性質が違っているので、シヨ糖液の濃度は植物の種類によって異なる。例えば、ふつうの植物の花粉は10%前後の濃度が適しているが、カボチャやキクなどの花粉は10%の濃度で破裂してしまう。また、すべての花粉が人工培地で発芽するとは限らない。比較的短時間で発芽をおこない、しかも簡単に実験できるものとしては次のようなものがある。

花 粉 の 種 類	発芽までの時間 (25℃)
ホ ウ セ ン カ	2～4分
ツ バ キ	60～80分
ヤ マ ユ リ	"
テ ッ ボ ウ ユ リ	140～160分

カ. 実験事例 花粉と花粉のようすを観察する

(ア) 実験のねらい

花粉の形や花粉の発芽のようすを観察し、被子植物の受精における花粉の役割を理解させる。

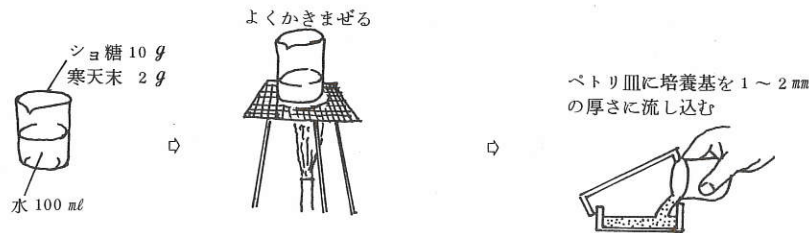
(イ) 実験の準備

材 料：ツバキ(4月～5月) サザンカ(12月～1月)

ホウセンカ(7月～8月)、その他2～3種類の花

培地と薬品：シヨ糖10gと寒天粉末2gを蒸留水100mlに入れ、熱してとかす。溶けたらベトリ皿に1～2mmの厚さに流しこみ、蓋をかけて寒天が固まるまで動かさないようにして放置する。

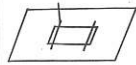
培 養：ツバキの場合は、授業の1～2時間前にベトリ皿の中の培地に花粉をできるだけ重なり合わないようによくまきこむ。このようにしたものを定温器に入れ25℃に保温する。ホウセンカの場合は、0.3～0.5%のシヨ糖液の中で、約15分位で発芽する。



用 具：顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ペトリ皿（直径 9 cm）、ピンセット、ハサミ、スポイド、ろ紙、柄付き針、ガーゼ、定温器、スケッチ用紙

ウ. 展 開

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
本時のねらいを理解させる。（1分）	花粉の様子と発芽の状態を観察し、被子植物の受精における花粉の果たす役割を考える。		※本時のねらいが理解できたか。
実験の準備をさせる。（3分）	※各班ごと顕微鏡をセットし、材料、用具を準備する。		※顕微鏡は、授業の始まる前に各机に出しておく。
花粉の観察手順を理解させる。（5分）	花粉の観察手順を説明する。 1. ピンセットでツバキの花から雄しべを1本とり、花粉の固まりができないように注意しながら、スライドガラスの上になすりつける。 2. カバーガラスをかけないで、花粉の形や色、模様、大きさなどを観察する。 3. 同じように、2～3種類の花の花粉についても調べてみる。 4. 検鏡の際は、100～150倍で十分である。 5. 花粉をスケッチし、気付いたことを書き留めておく。	※対物レンズを汚さないよう注意する。	※手順が理解できたか。
実験させる。（12分）	※スライドガラスに花粉をなすりつける。 ※検鏡し、スケッチする。		※固まりができないようになすりつけたか。

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
発芽した花粉の観察手順を理解させる。（5分）	発芽した花粉の観察手順を説明する。 1. ペトリ皿の中の寒天培地を1cm四方位の大きさに切りスライドガラスの上のせる。この際、花粉の発芽していると思われる部分を切りとる。 2. 切りとった寒天培地の両端にカミの毛をのせ、その上にカバーガラスをかけ、100～150倍で検鏡する。対物レンズを汚したりレンズの曇りを防ぐため、カバーガラスをかけるが、直接カバーガラスをかけると花粉管がつぶれる恐れがある。 3. 発芽している花粉をさがす。あまり花粉管が伸び過ぎているものは花粉管核の観察に不適当である。 4. 発芽した様子をスケッチする。 5. 花粉管、花粉管核、（精核）などを確認し、スケッチしたものに名称を記入する。		※培養したペトリ皿はあらかじめ用意しておく。 カミの毛  ※精核は観察できない場合が多い。
花粉管の伸びるようす			
（精核）			
花粉管核			
実験させる。（15分）	※切りとった寒天培地をスライドガラスにのせ、カバーガラスをかける。 ※顕微鏡をセットし、100～150倍で観察する。 ※スケッチし、名称を入れる。		※花粉管、花粉管核などがみられたか。 ※指示接眼レンズを用意し、机間巡視する。
本時のまとめをする。（5分）	観察の結果をもとにして、花粉は植物の種類によってそれぞれ違いがあること、適当な条件があれば発芽し花粉管を出すこと、花粉管には核がみられることを理解させる。 花粉が雌しべの柱頭につくと、花粉管が伸長し、花粉に含まれる核がその中を通って雌しべの子房内に移動する。このようにして受精が成立する。 ※スケッチしたのを提出する。		※本時の内容が理解できたか。
後片付けをさせる。	※顕微鏡のステージなどが汚れていたら、ガーゼでふいて所定の場所に返す。 ※ガラス類は水洗いし、ガーゼでふいて他の用具とともに所定の場所に返す。 ※ガーゼは洗って乾かしておく。		※所定の位置に返されたか。

(5) 遺伝と変異

ア. ねらい

生物は生殖や発生のはたらきによって、新しい個体をつくりながら生命を連続させ、種族を維持している。新しくつくられた個体には親の形質が伝えられていくが、その伝わり方には法則性がある。ここではメンデルの法則を中心に扱い、染色体上に遺伝子があることを理解させる。

イ. 構成と展開の要点

この中項目は、減数分裂や受精と深い関連性をもつものであり、その上に立って遺伝の法則が理解されるものである。構成にあたっては、メンデルが遺伝の法則性を発見するに至った研究の経緯を概観し、メンデルの法則を学習させる。ここでは、染色体の行動の細胞学的見地から、染色体が遺伝子のにない手であることに着目させたい。また、連鎖やくみかえについては、後に学習する突然変異や進化を考慮して学習を進めたい。三点交雑や複雑なくみかえ率の計算は「理科Ⅰ」の性格上望ましくない。染色体地図は、遺伝子が染色体上に一定の順序性をもって存在している程度にとどめる。性と遺伝については日常性との関連で特に取り上げた。内容としては、性の決定や伴性遺伝を取り上げることになるが、2～3の例にとどめたい。変異については、次の進化と関連させて突然変異を中心に扱う。

遺伝については、中学校理科第2分野で「動植物の種類とつくり」と細胞分裂の学習において、わずかに親から同じつくりをもつ子が生ずることに気づかせる程度に終わっている。また、変異についてはほとんど扱っていない。すなわち、遺伝と変異については「理科Ⅰ」で初めて学習することになるので学習内容はできるだけ基本的なものにとどめ、遺伝子の種類も多過ぎて複雑にならないよう留意する必要がある。

ウ. 中学校と高等学校の関連

中 学 校		高 等 学 校	
第 1 学 年	第 2 学 年	理 科 Ⅰ	生 物
・生物の種類とつくり	・細胞の分裂	・遺伝と変異	・遺伝子と形質発現 遺伝子の構造と複製 遺伝子と酵素

エ. 実験事例設定の理由

この項目における実験としては、ショウジョウバエの交配実験、ユスリカの幼虫のだ液腺染色体の観察、ショウジョウバエの突然変異や特殊ではあるがヒゲカビの変異体についての観察などがあげられるほか、遺伝の法則と遺伝子に関するモデル実験なども考えられる。また、視聴覚教材を利用して実験に替えることもできよう。

ここでは、取り扱いの比較的簡単で、短時間にできるユスリカの幼虫のだ液腺染色体を取り上げ、染色体と遺伝子の関係について理解を深めさせたい。

オ. 指導にあたって

遺伝の学習において、遺伝法則、連鎖、くみかえは遺伝子概念を理解する上に極めて重要な指導内容である。また、これらの学習の後に、染色体地図について学ぶことになる。本実験は、染色体地図の前後におこなえば、染色体と遺伝子との関係を理解するのにより効果的である。

だ液腺染色体はふつうの染色体と違い、相同染色体が接着した2価染色体であり、大きさもふつうの染色体の100～150倍もある巨大染色体である。また、全長にわたって横縞が存在し、これが遺伝子の位置と考えられている。したがって、だ液腺染色体は観察も容易であり、横縞の観察をととして染色体が遺伝子のにない手であることを理解させるのに好適の実験教材である。

だ液腺染色体は双翅類の幼虫にみられるが、常に入手できることや大きさの点から実験材料としてはオオユスリカの幼虫がよい。オオユスリカは非吸血性の蚊で、その幼虫は有機物の多い川底や池沼の中に住むが、釣具店や熱帯魚店でアカムシとしていつも販売しているので、進度にあわせて実験を計画できる。ユスリカの幼虫からだ液腺を確実に取りださせるために、ユスリカの幼虫を大書きした図を黒板にはって、その上で実験の手順を演示するとよい。

カ. 実験事例 だ液腺染色体を観察する

(ア) 実験のねらい

だ液腺染色体は双翅類（ハエ、カ）のだ液腺の細胞中に常に見られる巨大染色体である。その大きさは普通の染色体の100～150倍であり、ほとんど全長にわたって横縞がある。縞の数や位置はかなり一定しているので、染色体のどの位置に、どのような遺伝子が存在しているかを追求するのに役立つ。ユスリカの幼虫を材料にして、だ液腺染色体のようすと横縞の存在を確認させる。

(イ) 実験の準備

材料：オオユスリカの幼虫（釣具店や熱帯魚店で、アカムシとして年中販売している。）

※購入したユスリカは湿らせた新聞紙やミズゴケにくるんで、冷蔵庫に入れておくと10日以上もつ。ユスリカの幼虫（ $2n=8$ ）のだ液腺染色体は二価染色体（相同染色体が接着したもの）になっているので4本しかない。

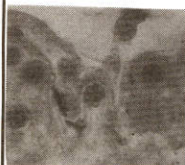
薬品：酢酸オルセイン液（着色色素びんに入れる。色素びんはグループの数だけ用意する。）

※オルセイン2gを70%酢酸100mlに溶かしたあと、ろ過して用いる。

用具：顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ピンセット、柄つき針、ろ紙、ガーゼ、ルーペ、スポイド、スケッチ用紙。

(ウ) 展 開

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
既習事項を復習させる。 (5分)	○だ液腺染色体について復習させる。 ○だ液腺染色体はどのような特徴をもっているか。 ※普通の染色体は細胞分裂のとき現われてくるが、だ液腺染色体はいつでもみられる。 ※普通の染色体の100～150倍の大きさをもつ巨大染色体である。 ※全長にわたって横縞がみられ、縞の数や位置は遺伝子と関係がある。		○授業の始まる前に、顕微鏡を各机に出しておく。
本時のねらいを理解させる。 (1分)	○ユスリカの幼虫を材料にして、だ液腺染色体の様子や横縞の様子などを観察する。		※本時のねらいが理解できたか。
実験の方法を理解させる。 (10分)	○プレパラート作成の手順を演示しながら説明する。 1. ミズゴケの中からユスリカの幼虫をとり出し、スポイドで水を1滴落したスライドガラスにのせる。 2. 頭部(黒っぽくみえる方)を右になるようにおき左手のピンセットで胴をつかみ、右手の柄付き針で頭から第2節目をはぐようにとると、頭部附近だけが胴からはずれる。頭部についているものをルーペでよくみると、2mm位のハート形をした無色透明なだ液腺が1対あるのがみえる。2本の柄付き針でだ液腺だけを残し、他のものは取り除く。 3. ろ紙でまわりの水を丁寧にとり、だ液腺に酢酸オルセインを1～2滴かけ、10分間放置する。 4. 染色に要する10分の間に、予備として同じものをもう一枚つくる。 5. スライドガラスに静かにカバーガラスをかけ、余分な染色液をろ紙で吸い取る。カバーガラスのふちから内部の液もできるだけ吸い取る。	○大版用紙にユスリカの幼虫を書き、それを使って演示するとよい。 ○ユスリカの種類によってだ液腺の形は多少違う。 ○ミズゴケにくるんだユスリカの幼虫を、1グループ4・5匹ベトリ皿に入れておく。	
イ 観察の手順を理解させる。	○プレパラート作成の手順が理解できたか。 ○観察の手順を説明する。 1. 作ったプレパラートを顕微鏡にセットし、100～150倍でだ液腺とそれを構成しているだ液腺細胞、更に細胞の中にみえるナワ状のだ液腺染色体をさがす。 2. よく見える細胞の1つを簡単にスケッチする。 3. 次に、カバーガラスの上にもろ紙をかぶせ、カバーガラスがずれないように注意しながら、人差し指で上から軽く押す。		○教卓上に、押しつぶし前のものと、押しつぶしたものの2種類のプレパラートを顕微鏡にセットし、生徒が随時検鏡できるようにしておくとい。



だ液腺細胞×100

指 導 内 容	教師の活動	※生徒の活動	※指導上の留意点 ※確認
 だ液腺染色体×400	4. 100～150倍でナワ状にみえる染色体がよく広がっているものをさがす。 5. みつけたら400～600倍にして、横縞の様子をよく観察する。 6. だ液腺染色体の様子、横縞の様子をスケッチする。 ○観察の手順が理解できたか。		
実験の準備をさせる。 (3分)	※各班ごと顕微鏡をセットし、材料、用具等を準備する。		○材料用具等はグループ数だけ準備する。
実験させる。 (25分)	○プレパラートを作成させる。 ※ユスリカの幼虫を1匹スライドガラスにのせる。 ※柄付き針とピンセットを使い、頭部と胴を離す。 ※ルーペを使ってだ液腺をさがす。 ※だ液腺に酢酸オルセイン液をかけ、10分間染色する。 ※予備として、もう一匹の幼虫からだ液腺をとり染色する。 ○作ったプレパラートを観察させる。 ※100～150倍で観察し、スケッチする。 ※ろ紙の上から押しつぶし、400～600倍で観察し、スケッチする。 ○見付け出せない生徒については、指示接眼レンズを使って気付かせる。		※だ液腺をみつけたか ※だ液腺以外のものを取り除いたか。 ※だ液腺細胞、だ液腺染色体をみつけたか。 ※十分に広がっているか。 ※横縞が観察できたか。 ○指示接眼レンズを準備し、机間巡視する。
本時のまとめをする。 (2分)	○観察の結果からだ液腺染色体の特徴が理解できたか。(既習事項の復習欄参照) ○横縞は遺伝子の位置を示すことから、染色体は遺伝子のにない手であることを確認させる。 ※スケッチしたものを提出する。		
後片付けをさせる。	※顕微鏡のステージなどが汚れていたら、ガーゼでふいて所定の位置に返す。 ※ガラス類は水洗いし、ガーゼでふいて他の用具とともに所定の位置に返す。 ※ガーゼは洗って乾かしておく。		※所定の位置に返されたか。

(6) 生物の進化

ア. ねらい

生物は過去から現在にわたって不変なものではなく、しだいに変化してきたものであることを理解せるとともに、自然界の進化的見方や考え方を育成するのがねらいである。

イ. 構成と展開の要点

生物の進化については、中学校理科ではほとんど扱っていない。わずかに「生物の種類と生活」のなかで生物を分類することによって、生物には相互に類縁関係が認められることを認識させ、進化的見方につながる経験をしているに過ぎない。

この中項目では化石などにみられる進化の証拠、生物の系統、進化のしくみなどが学習内容になる。進化の証拠については、シソチョウなどの示準化石やウマの化石のほか相同器官やこん跡器官などを取り上げることも考えられるが、羅列的に多くの例を上げることは避けたい。生物の系統については、植物の系統全体を扱うよりは、それぞれの代表的な部門について系統の存在が理解できるようにする。また、進化のしくみについては、自然選択説、突然変異説、隔離説などを中心に扱い、それ以上の深りは避けたい。最後に、ヒトの進化についても触れ、人類の自然界での位置づけを理解させたい。

ウ. 中学校と高等学校の関連

小 学 校		中 学 校	高 等 学 校
第 3 学 年	第 4 学 年	第 1 学 年	理 科 I
・花のなかまわけ	・昆虫のなかまわけ	・植 物 の 分 類 ・動 物 の 分 類	・生物の進化

エ. 指導にあたって

「理科 I」の構成からすれば、大項目「生命の連続性」の中心をなすべき内容であるが、観察・実験を中心とした授業を展開することは容易でない。したがって、視聴覚教材を使って、この項目の理解を図る。

4 自然界の平衡とその保全

(1) ねらい

「自然界の平衡」のねらいは、自然界における様々な事物、現象にはある種の平衡が成り立っていることを理解させることであり、「人間と自然」のそれは、人間と自然とのかわりて総合的に資源、太陽エネルギー、原子力の活用及び自然環境保全の重要性を理解させることにある。

本来、大項目「人間と自然」は、「力とエネルギー」、「物質の構成と変化」、「進化」、「自然界の平衡」の学習後に理解させるべきものであるが、ここでは自然界の平衡と関連づけて人間の生存及び生活の場である自然環境を理解させるように構成した。したがって、資源、太陽エネルギー・原子力の活用、自然環境の保全の各中項目を「資源と自然環境の保全」とし、「資源」及び「自然環境の保全」の小項目の中で各中項目の内容を指導することとする。

(2) 指導計画

中 項 目	小 項 目	指 導 内 容
地 球 の 運 動 (7h)	地球の自転	恒星の日周運動、恒星日、地平座標、地球自転の証拠
	地球の公転	太陽の年周運動、視太陽日、赤道座標、公転の証拠
	惑星の運動	惑星の視運動、ケプラーの法則、太陽系
地 球 の 形 状 (7h)	地球の大きさ	地球の大きさ、地球楕円体
	地球の層状構造	大気圏の組成と構造、海水の組成、固体地球の構造と組成
	地 殻	固体地球の表面、地殻の組成、アイススタシー
地球の熱収支 (7h)	太陽放射	直達日射量、太陽定数
	地球の熱収支	地球の熱放射、地表の熱収支、緯度別熱収支
	大気循環	大気の大循環、大気中の水の循環
	水の循環	海水の水平、垂直循環
	地表の変化	地球の外部エネルギーと地表の平坦化、内部エネルギーによる地表の変化(地震、火山活動、造山運動)
生態系と物質循環 (4h)	生態系	生態系の構造と機能
	地球上の物質循環	C, Nの循環

中 項 目	小 項 目	指 内 内 容
資源と自然環境保全 (5h)	資 源	資源, エネルギー開発(化石燃料, 太陽エネルギー, 原子力, 地熱, その他)
	自然環境の保全	人口増加問題, 公害, 人間と自然との調和

(3) 地球の運動

ア. ねらい

ここでは, 中学校第1学年で学習した内容を発展させて地球の自転, 公転の証拠を中心に展開し, 星としての地球を理解させる。

イ. 構成と展開の要点

地球の自転や公転は, 天体の日周・年周運動の相対的運動として中学校第1学年で学習する。それを再度取り上げながら地球の自転・公転の証拠まで発展させ, さらに惑星としての地球, 惑星の運動法則性を理解させる。指導計画としては次のようなものが考えられる。

第1次 地球の自転	地平座標と天体の日周運動	1時間
	恒星と自転周期	
第2次 地球の公転	自転の証拠(フーコーの振り子)	1"
	赤道座標と太陽の年周運動	1"
	視太陽日	
	公転の証拠(年周視差, 年周光行差)	1"
第3次 惑星の運動	太陽系, 惑星の視運動	1"
	惑星の公転周期と会合周期	1"
	ケプラーの法則	1"

ウ. 小・中学校と高等学校の関連

小 学 校			中 学 校	高 等 学 校	
第2学年	第4学年	第5学年	第1学年	理 科 I	地 学
○日向と日陰 ○太陽, 月の動き 1. 日の動き	○星座の形と動き	○地球の運動 ・天体の日周運動と地球の自転 ・四季の星座と地球の公転 ・太陽の高度変化と地軸の傾き	○地球の運動 ・地球の自転, 公転の証拠	○地球の運動 ・地球の自転, 公転の証拠	○惑星としての地球 ・地球の特徴 ・地磁気と重力

エ. 実験事例設定の理由

本項目の実験としては, 恒星の動き・恒星日の観測(宿題), フーコーの振り子, 視太陽日の観測, 及び惑星の視運動の実習・観測(観測は長期の宿題)等が考えられる。小学校5年で恒星の動きを観測しているが, 地球の自転周期である恒星日の観測, 視太陽日の観測, 金星や火星の視運動の観測は, 天体についての興味を喚起させるためにも宿題としたいものである。フーコーの振り子の実験は, 地球の自転を初めて証明したものであり歴史的にも意義深く, かつ天井から300g~1kgのおもりを釣り糸で振らせても振動面の変化を簡単に生徒に見せることができるので, 教室で取り上げたい実験である。ただし, 天井からおもりをつるすときは, 天井及びおもりと糸との取り付け部を吟味し, 事前に正しく振れるかを調べておく必要がある。

オ. 実験事例 地球の自転を証明する

(ア) 実験のねらい

振り子の振動方向(振動面)は常に一定であることを理解させた上で, 振り子の振動面の変化は地球の自転によって起こる現象であること, 及び振動面の変化する量は極から赤道に近づくにつれて小さくなることを理解させる。

(イ) 実験の準備

用具 フーコー振り子の 変向角測定装置(1台)

回転台(くるくる), 角度を記入した画用紙, 鉄製スタンド, 振り子, 直径20cmの透明半球, 方位を記入した紙片, セロテープ, 油性のサインペン

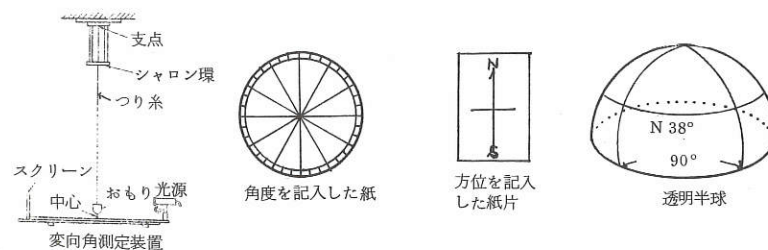
準備 ○下図のようにフーコー振り子の 変向角測定装置を実験室に取りつける。

○回転台の大きさに合うもので, 角度を記入した画用紙を回転台にはる。

○下図のような方位を記入した紙片(2cm×3cm)を各グループに15枚ずつ配布できるように準備する。

○透明半球に北緯38°の緯線と直交する経線を引いておく。

注意 天井に取りつけられた振り子に影響を与えぬように窓は閉めておく。また, 生徒が移動する場合も静かに行動させる。



○1951年, フーコーはパリのパンテオン寺院のドームで67mの鋼線に直径30cm, 重さ27kgの砲弾をつけたおもりを振らせ, 振動面が一日に約271°の割合で右まわりに回転することを観察し, 地球の自転を実験的に証明した。

(ウ) 展 開

指導内容	教師の活動	生徒の活動	指導上の留意点
本時のねらいを把握させる。(3分)	○月、太陽、星の一日の動きはどうなっているか。 ※東から昇って西へ沈む。 ○どうしてこのような現象が起こるのか。 ※地球の自転による。 ○地球の自転はどうしたら証明できるか。 ※?		○強い疑問を起こさせる。
天井からさげた振り子の振動方向(振動面)について予想させる。(6分) つり糸 木綿糸 光源 おもり 糸かけ溝 火 始動の開始	○天井からさげた振り子のところに集合させる。 ※集合する。 ○地球の自転をこの振り子で証明してみようと思うが、振り子は時間がたつとどうなるか。 ※? ○振り子を動かし、30分後の振り子の様子を観察する 旨の話をし、生徒を自席に戻らせる。		○予想できなくともよい。 ○振り子に影響せぬように静かに席に戻らせる。
北極点における振り子の振動面の変化を理解させる。(16分) ア 北極点の地平面が地軸に垂直でかつ回転盤と平行であることを気づかせる。 紙片 回転盤 イ 北極点では地球が自転する間に振動面が右まわりに一回転することを理解させる。 実験 1. 回転盤を動かさないでおもりを振らせ、回転台外に設けた基準を目印にして振動面がどうなるかを観察させる。 ※振動面は変化しない 実験 2. おもりを振った後、回転盤をゆっくりと地球の自転方向(北半球では左まわり)にまわし回転台外の目印から振動面がどうなるかを観察させる。 ※振動面は変化しない(地球が自転しても振動面は変化しない)。	○それではこの30分間に、天井からさげた振り子がどうなるかを透明半球と回転台を使って調べてみよう。 ○回転台に透明半球をのせ、北極点に相当するところに方位を記入した紙をセロテープでとめさせる。 ※作業 ○回転盤と紙片の関係から北極点の地平面と地軸の関係を考えさせる。 ※北極点の地平面は地軸に垂直である。 ○回転盤と紙片の関係から回転盤が北極点の地平面に相当することを考えさせる。 ※北極点の地平面と回転盤が平行であるから回転盤を北極点の地平面と考えてよい。 ○回転盤(北極点の地平面)に鉄製スタンドをのせ、おもりが回転盤の中央にくるように取りつけさせる。 ※作業 実験 1. 回転盤を動かさないでおもりを振らせ、回転台外に設けた基準を目印にして振動面がどうなるかを観察させる。 ※振動面は変化しない 実験 2. おもりを振った後、回転盤をゆっくりと地球の自転方向(北半球では左まわり)にまわし回転台外の目印から振動面がどうなるかを観察させる。 ※振動面は変化しない(地球が自転しても振動面は変化しない)。		○下図を板書して考えさせる。 地平面 赤道 地軸

指導内容	教師の活動	生徒の活動	指導上の留意点
山形(北緯38°)における振動面の変化を理解させる。(14分) ア 山形の地平面は地軸と38°で交わることを理解させる。 イ 1/4 自転する間の振動面の変化量を理解させる。 振動面の変化量 55° 55° A B 振動面 ウ 振動面の一日の変化量を理解させる。 エ 30分前に振らした振り子の変化量を確認させる。 赤道では振動面が変化しないことを理解させる。(6分) 本時のまとめと後始末 (5分)	実験 3 回転盤上に消ゴム等(基準)をのせ、それを地球上の人間とする。おもりを振った後、回転盤をゆっくりと地球の自転方向にまわし、回転している消ゴム(人間)から見た振動面の変化を観察させる。 ※回転盤が一回転する間に振動面は右まわりに一回転する(北極点では、自転する間に振動面は右まわりに一回転する。) ○実験結果をまとめさせる。 ○透明半球の北緯38°線の上に方位を記入した紙片(6~7枚)を経度90°分だけ1~2枚のセロテープではりつけさせる。(左上図参照) ※作業 ○紙片(山形の地平面)が地軸とどんな関係になるかを考えさせる。 ※地軸に38°で交わる。 ○振り子を南北に振ったと仮定したときの振動面の変化を各紙片にサインペンで記入させる(左端の紙片のNSに平行な線を各紙片に記入させる。) ※作業 ○紙片全部をセロテープとともにそっくりはがし西洋紙にはりつけた後、各紙片の振動面が平行になっているか確認させる。 ※確認し訂正する ○振動面の変化量が左端の紙片の南北と右端の紙片の南北とを延長してできる角度と同じになることを考えさせ、その角度を分度器で測定させる。 ※$\angle AOB = \angle BOQ = \text{約 } 55^\circ$ ○山形における一日の振動面の変化量を求めさせる。 ※約222° ○30分前に振らした振り子の振動面がどちらにどれだけ動くかを考えさせる。 ※右まわりに5°動く。 ○30分前に振らした振り子を観察させる。 ○赤道上の地平面が地軸とどんな関係になっているか確認させた後、北緯38°で行ったように方位を記入した紙片(6~7枚)を赤道面にはりつけさせ振動面の変化を調べさせる。 ※赤道上の地平面は地軸に平行で、振動面が変化しない。 ○地球の自転が実験的に証明されたのは今から130年前であることを強調し前述のフーコーの実験を説明した上でまとめる。	地平面 赤道 地軸	※北極点での振り子の振動面の変化がわかったか。 ○演示しながら指示する。 ○経度90°分=1/4日であることも説明する。 ○左図を板書して考えさせる。 ○演示しながら指示する。 ○演示しながら指示する。 ○$\angle AOB = 90^\circ \times \sin \varphi = 55^\circ$と同じになる。 ○自転周期を24時間として計算させる。 $360^\circ \times \sin \varphi = 222^\circ$ ○$7.5^\circ \times \sin \varphi = 4.6^\circ$である。 ○静かに集合させる。 ○下図を板書して考えさせる。 地平面 赤道 地軸

(4) 地球の形状

ア. ねらい

ここでは、地球が球形で気圏、水圏、岩石圏（固体地球）の三圏から構成され、しかも各圏においても層状構造をしていることを理解させることがねらいである。

イ. 構成と展開の要点

地球の形と大きさはこれまで中学校理科の第2分野で、地球の層状構造は地学Ⅰで取り扱われてきたが、学習指導要領の改訂により理科Ⅰに移行したものである。地球の形と大きさについては、エラトステネスの業績を例にして大きさの測定方法なども理解させ、地球楕円体まで発展させる。地球の層状構造や地殻についても科学史を取り入れながら指導することが望ましいと考える。地表の変化について地球の内部エネルギー、外部エネルギーの観点から指導することにしたので地表の熱収支の後半に配した。指導計画としては次のようなものが考えられる。

第1次 地球の形と大きさ	エラトステネスの業績	} 1 時間
	地球の形と大きさ、地球楕円体	
第2次 地球の層状構造	地球の三圏（気圏、水圏、岩石圏）	} 1 "
	気圏の組成と構造	
	水圏の組成と構造	
	岩石圏（固体地球）の構造と組成	2 "
第3次 地球の表面と地殻	固体地球の表面の特徴	1 "
	地殻の組成、アイソスタシー、マン	} 2 "
	トル対流、大陸の移動	

ウ. 中学校と高等学校の関連

中学校第1学年	高等学校	
	理科Ⅰ	地学
○太陽系の構成	○地球の形状	○惑星としての地球
・地球、月、太陽の形と特徴	・地球の概略の大きさの求め方	・地球の特徴
・太陽系	・大気、海洋、地球内部の構造	・地磁気と重力
○地層の様子と堆積岩、○火山の様子と火成岩、○地震とその揺れ、○地かく変動（中学校3年）	・地殻の変化	○地球内部のエネルギー、○地層 ○地かく、○地球の進化、○日本列島の地質

エ. 実験事例設定の理由

本項目の実験としては、地球内部構造のモデル実験、地殻とマントルの組成に結びつく岩石の比重測定や偏光顕微鏡による岩石・鉱物の観察等がある。実習としては、東京～酒田間の緯度差とその距離から地球の大きさを求めたり、走時曲線の解析によるモホロビッチ不連続面の発見等が考えられる。偏光顕微鏡による岩石・鉱物の観察以外は、いずれの実験・実習も教室で容易にできるものである。岩石の比重測定は物理天秤があれば容易にできる。ここでは、走時曲線の解析と地球の内部のモデル実験

を取り上げる。

オ. 実習事例-A 走時曲線から地球の内部をさぐる

(ア) 実習のねらい

地震のP波の走時曲線を作成し地球内部の上層が地殻とマントルに分けられることを理解させる。

(イ) 実習の準備

資料 P波の走時表〔気象庁1971年地震観測指針解析編 付表第5・1表——近地震のPの走時表（1973年から震源計算に使用している表）を走時曲線が書きやすいように一部修正したものである。〕

用具 OHP、グラフ用紙（B5判）、三角定規

準備 展開にあげた図及び走時表のTPシートを作成する。

○1909年10月8日、バルカン地方に浅発地震が起こった。この地震を調べたユーゴスラビアの地震学者モホロビッチは走時曲線を発見し、地下に地震波速度の急変する不連続面があると考えた。

実験事例-B 地震波の伝わり方から地球の層状構造をさぐる

(ア) 実験のねらい

地震波のかわりに光によるモデル実験を通してシャドーゾーン（地震波の到達しない部分）の生ずる理由と固体地球の層構造を理解させる。

(イ) 実験の準備

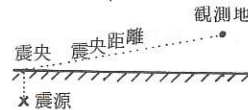
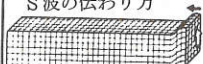
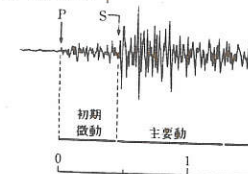
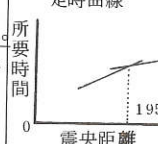
用具 鉄製スタンド、300mlの丸底フラスコ、直径20cmの透明半球、豆電球光源セット（単3の乾電池2個直列）、直径18cmのペトリ皿、直径10cmのペトリ皿、三角定規、コンパス、OHP

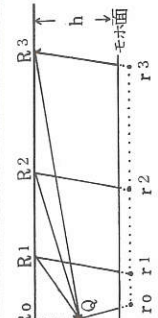
準備 直径18cmのペトリ皿の底裏に同大で角度を印刷した紙をはりつけておく。

自作 直径18cmのペトリ皿状の透明樹脂容器をつくり、底の裏側に角度を印刷した用紙をはる。また、直径8cmの透明アクリル樹脂棒を購入し、1.5cmの厚さで切断し円板をつくる。透明樹脂容器は水が漏れないようにすれば、水を入れた場合と水を入れない場合のシャドーゾーンのできかたの比較ができ、シャドーゾーンのできる理由がよく分かる。

○地殻の密度と地球の平均密度とが大きく異なっていることがわかってから、地球中心部の平均密度を求めることが課題となっていた。1897年、ビーヘルトは地球の中心核は鉄からなり密度8ぐらいその半径は5000kmと主張した。その後、地球内部を伝わる地震波を取り扱う理論が発展し、地球内部の不連続面に関する研究は一層進歩した。1914年、グーテンベルグは、遠方で起こった地震を観測し、深さ2900kmのところにP波の速度が急変するところがあることを見いだした。こうして中心核の大きさは半径3500kmの球であることが確定した。

実習事例 — A の展開

指導内容	教師の活動	※生徒の活動	指導上の留意点																																			
地震について復習させる。(8分)	- 地震が起こった場所を何というか。 ※震源、震源地 - 震源の直上の地表を何というか。	- 震央 - 震央と観測地の距離を何というか ※?	下図を板書する。																																			
P波の伝わり方		- 観測地では初めかたかたゆれ、やがてゆらゆらするが、かたかた、ゆらゆらのそれぞれの動きを何とい - うか。 ※初期微動、主要動																																				
S波の伝わり方		- 初期微動を起こす地震波を何というか。 ※P波 - 主要動を起こす地震波を何というか。 ※S波 - P波は波の進行方向に振動するのでたて波、S波は波の進行方向に垂直に振動するのでよこ波ということ - を説明する。																																				
実習のねらいを理解させ走時曲線を作成させる。(15分) 走時表 <table border="1"> <thead> <tr> <th>震央距離</th><th>P波の所要時間</th><th>震央距離</th><th>P波の所要時間</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>110 km</td><td>18.5 s</td><td>150 km</td><td>30.5 s</td></tr> <tr><td>120</td><td>20.1</td><td>200</td><td>31.8</td></tr> <tr><td>130</td><td>21.6</td><td>210</td><td>32.8</td></tr> <tr><td>140</td><td>23.0</td><td>220</td><td>33.8</td></tr> <tr><td>150</td><td>24.5</td><td>230</td><td>34.9</td></tr> <tr><td>160</td><td>26.0</td><td>240</td><td>36.0</td></tr> <tr><td>170</td><td>27.5</td><td>250</td><td>37.0</td></tr> <tr><td>180</td><td>29.0</td><td>260</td><td>38.0</td></tr> </tbody> </table>	震央距離	P波の所要時間	震央距離	P波の所要時間	110 km	18.5 s	150 km	30.5 s	120	20.1	200	31.8	130	21.6	210	32.8	140	23.0	220	33.8	150	24.5	230	34.9	160	26.0	240	36.0	170	27.5	250	37.0	180	29.0	260	38.0	- きょうはP波の伝わりかたから地下の様子を探ってみようと思う。そこでP波の走時をグラフ用紙にプロットし、グラフを書きなさい。 - 走時表の数値をグラフ用紙に記入させる。 ※作業 - 各点を結ぶ線がどんなグラフになるか予想させる。 ※折れ線グラフになりそうだ。 - 各点の並び方を見て最も妥当と思われる直線を引くこと、及び折れ曲がる点が明確になるように二本の線を交差させて書くことを指示し、線を引かせる。 ※作業 - 近距離の地震波の伝わり方は折れ線グラフになること及びこのグラフを走時曲線ということを説明する。	左図をOHPで投影する。
震央距離	P波の所要時間	震央距離	P波の所要時間																																			
110 km	18.5 s	150 km	30.5 s																																			
120	20.1	200	31.8																																			
130	21.6	210	32.8																																			
140	23.0	220	33.8																																			
150	24.5	230	34.9																																			
160	26.0	240	36.0																																			
170	27.5	250	37.0																																			
180	29.0	260	38.0																																			
グラフから、P波の伝わる速さが違うことを気づかせる。(7分)	- 走時曲線の折れ曲がる点の震央距離を読みとらせた上でR₂の記号を入れさせる。 ※約19.5km, R₂を記入 - R₂より震央に近い方(R₂の左側)と遠い方(R₂の右側)ではどちらがP波が速いか考えさせる。 ※ R₂より震央に遠い方(R₂の右側) - グラフからR₂の左側と右側の平均速度を求めさせ、R₂より震央に遠い方が速い速さで伝わることを確認させる。 ※R₂より震央に近い方=約6.7 km/s																																					

指導内容	教師の活動	生徒の活動	指導上の留意点						
走時曲線になるのは地下構造に関するためであることを理解させる。(12分) 	○ R₂ より遠い方 = 9.7 km/s ○ R₂ より震央に近い方で速さが速いのは何故かを発問する。 ※? ○ R₂ より震央に遠い方で速さが速くなる理由を左図を板書しながら、次の順序で説明する。 (1) 密度が大きいと地震波の伝わる速さが速いこと。 (2) 地下に密度が大きく地震波が速く伝わる層があると仮定すること。 (3) R₁ 地点では密度の大きい層を伝わってきた地震波より震源地から直接伝わる地震波の方が速く到達すること。 (4) R₂ 地点ではどちらを伝わった地震波も同時に到達すること。 (5) R₃ 地点では震源地から直接伝わる地震波より密度の大きい層を伝わってきた地震波の方が速く到達すること。 (6) (2)~(5)のことから地殻の下にマントルがありその境界をホモボッチ不連続面(ホモ面)ということ。	○ 強い疑問を起こさせる。 ○丁寧に説明する。							
走時曲線の折れ曲がる点の震央距離は地殻の厚さに関連することを理解させる。(5分)	○ R₂ の大きさは地殻の厚さ(h)に関連はないと考えさせる。 ※ <table border="1"> <tr> <th>R₂ の大きさ</th><th>地殻の厚さ(h)</th></tr> <tr> <td>大</td><td>→ 厚い</td></tr> <tr> <td>小</td><td>→ うすい</td></tr> </table> ○ 地殻で起こった多数の地震の R₂ の大きさから地殻は大陸で厚く、太平洋でうすいことが明らかにされたことを説明する。	R ₂ の大きさ	地殻の厚さ(h)	大	→ 厚い	小	→ うすい		○ 直感を大切にする。
R ₂ の大きさ	地殻の厚さ(h)								
大	→ 厚い								
小	→ うすい								
本時のまとめ(3分)	○ 本時の内容をまとめさせる。 ※地震波の走時線が曲線になるのは地殻の下にマントルという密度の大きい層があるためである。 ※地殻の厚さは走時曲線の折れ曲がる点の震央距離の大きさに関連があり、その震央距離が大きいほど地殻は厚い。								

指導 内部	○ 教師の活動	○ 生徒の活動	指導上の留意点
前時の復習をさせる。 (2 分)	○ 地震波の走時曲線からどんなことがわかったか。 ※地殻の下に密度の大きいマントルがある。 ※地殻は大陸で厚く、大洋でうすい。		
本時のねらいを理解させ、シャドーゾーンに気づかせる。 (3 分) 	○ このように地震波は直接見ることでない地球内部についての情報をもたらしてくれる。きょうも地震波の伝わり方から地球内部をさぐってみよう。 ○ 日本で起こった地震のシャドーゾーンを示す左図をOHPで提示し、日本で起こった地震波が観測されない地域(シャドーゾーン)が環状に分布することに注目させる。 ○ 震源と対応した位置にシャドーゾーンが必ず存在することを説明する。		○ 左図をコピーして配布してもよい。
光でも地震波と同様シャドーゾーンができることを気づかせる。 (10 分) 	○ 地震のシャドーゾーンができる理由を考えさせる。 ※? ○ 地震も光も波であることを確認させた上で、光でシャドーゾーンをつくる実験であることを説明する。 ○ 左図の装置を提示し、豆電球が地震の震源、透明半球が地球表面であることを確認させた上で、実験装置をつくらせ実験させる。 ※実験する。 ○ 環状の影の部分(シャドーゾーン)が見えたか確認させる。 ※確認する。 ○ シャドーゾーンのできる理由を述べさせる。 ※?, 丸底フラスコがレンズの働きをする。		○ 強い疑問を起こさせる。 ○ 実験室内を暗くする。
地球のシャドーゾーンのできる理由を理解させる。 (10 分) 	○ 上記の実験は光の進み方が分りにくいので左図の実験装置で実験させる。この場合、中央のベトリ皿が丸底フラスコに相当すること、シャドーゾーンは右図のように角距離で測ることを確認させて測定させる。 ※実験 ○ シャドーゾーンの角距離を発表させる。 ※ $110^{\circ} \sim 155^{\circ}$ ○ シャドーゾーンのできる理由を発表させる。 ※中央のベトリ皿で屈折してできる。 ○ 中央のベトリ皿で屈折する理由を発表させる。 ※物質の違い、密度の違い ○ 地震のシャドーゾーンのできる理由を発表させる。 ※地球内部に密度の大きい球体がある。 ○ その球体が核ということを説明する。		○ 実験室内を暗くする。 ※地震のシャドーゾーンができる理由がわかったか。

観測された地震の波形	波の種類	
	P波	S波
	(○)	(○)
	(×)	(×)
	(○)	(×)

(5) 地球の熱収支

ア. ねらい

地球全体の熱収支は長期的にみれば大気や水の循環による熱移動により平衡状態にあること、及び大気や水の循環の仕組みと地球内外のエネルギーによる地表の変化を理解させる。

イ. 構成と展開の要点

中学校では天気の変化の仕組みや規則性について学習するが、地球全体の熱収支については中学校、高等学校の地学でも取り扱われていない。したがって、この項目は小・中学校のまとめであり、高等学校地学の基礎であるだけに重要である。

日射量の測定をとおして太陽放射のエネルギー量を認識させ、地球の受ける太陽放射のエネルギー量と地球の熱放射による放出とが釣り合っていることを考察させる。さらに、地球は太陽放射により不均衡に暖められているが、大気や水の循環による熱移動により地球上のいずれの場所でも長期的には一定の温度を保っていることを理解させ、大気や水の循環のしくみと地球内外のエネルギーによる地表の変化にまで発展させる。指導計画としては次のようなものが考えられる。

第1次	太陽放射	直達日射量、太陽定数	1時間
第2次	地球の熱収支	地球の熱収支	1 "
		地表の熱収支	1 "
第3次	大気の流れ	大気の流れ	1 "
第4次	水の循環	海水の水平循環、垂直循環	1 "
		大気と海洋をめぐる水の循環	1 "
第5次	地表の変化	地球内外のエネルギーによる地表の変化	1 "

ウ. 小・中学校と高等学校の関連

小 学 校				中 学 校	高 等 学 校	
第1学年	第2学年	第3学年	第6学年	第2学年	理 科 I	地 学
○ 地面の様子	日向と日陰の地面の様子	○ 土、水、 空気の 温度	○ 太陽高度 と気温の 変化	○ 大気中の水 ・湿度 ・水の循環	○ 地球の熱収支	○ 大気と海洋 ・大気の運動 ・海水の運動 ・大気と海水 の相互作用
○ おもちゃ の動き (風)		○ 雲など による 天気の変 化	・ 気温と地 温の変化 ・ 太陽高度 昼の長さ と気温	○ 大気圧と風の吹 き方 ・ 大気の圧力 ・ 等圧線と風の吹 き方 ○ 天気の変化 ・ 気圧配置と天気 ・ 前線・天気予報		

エ. 実験事例設定の理由

本項目の実験としては、直達日射量の測定、大気の流れにおける転向力の実験、大気の大循環のモデル実験、断熱膨張による水滴の発生の実験などが考えられる。大気の流れモデル実験装置は理振法の基準器具になってはいるが高価である。物理室には回転台があるので転向力の実験は容易であり、断熱膨張による水滴の発生も完腸器と丸底フラスコがあれば実験できる。直達日射量の測定は、太陽放射のエネルギーが大気・海水の循環、動植物の生命の維持の原動力になっていることを考えると、是非生徒にやらせたい実験である。

オ. 実験事例 直達日射量を測定する

(ア) 実験のねらい

太陽放射エネルギーは気象、海水の循環、光合成による動植物の生命維持などの原動力になっている。大気を通して地表に到達する太陽エネルギーの測定方法とその量を理解させる。

(イ) 実験の準備

用具 簡易日射計、秒針のある時計、メスシリンダー、スポイト、グラフ用紙(B5判)、定規、1ℓのビーカー3個(またはバケツ)

準備 実験2時間前にビーカー(またはバケツ)に汲み水をして、水温を外気温と同じにしておく。

諸注意 ○ 快晴の日の正午前後に時間を設定する。

○ 測定場所はコンクリートなどで照り返しを受けないところにする。

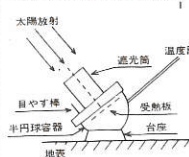
○ 簡易日射計は数種の型があり、それぞれ受光面の面積、水量、及び器具の誤差を補正するKの値が違っているため事前に調べる。

○ 直達日射量計があれば同時に測定させたい。



指導内容	教師の活動 ※生徒の活動	指導上の留意点
実験のねらいを理解させる。(5分)	○快晴で気持ちのよい日であることを強調した後に次の発問をする。 (1) 太陽のもたらすエネルギーが人間の生活に欠かさないエネルギー源である理由は何か。 ※気象現象、海流、光合成による動植物の生命の維持等を発表する。 (2) 太陽のエネルギーはどんなエネルギーとして地球に届くのか。 ※熱、光 (3) 空間を熱や光としてエネルギーが伝わることを何というか。 ※放射 ○太陽からの放射を「太陽放射」ということを説明し、太陽からどれほどのエネルギーが来ているのか予想させる。 ※? ○太陽から到達するエネルギー量を測定することを説明する。	○疑問を起こさせる。
実験方法を理解させる。(7分)	○測定方法を考えさせ、発表させる。 ※? ○測定のしかたは太陽放射(日射)に対して垂直な1cm²の面が1分間に受ける熱量(cal)として測定すること、単位はcal/cm²minであること、及びこれを「直達日射量」ということ等を説明する。 ○日射計の使い方を演示しながら、測定方法を次のように説明する。 (1) 日射計の容器にあらかじめ汲んでおいた水をスポイトで一杯入れ、受光面の中央に球部がくるように温度計を差し込み、ノーマンまたは遮光筒の影から判断して受光面を日光に垂直に向ける。 (2) 日射計を正しく据えつけたら温度計の目盛りを読み取る。次にキャップをはずし1分ごと10分間、温度計の目盛りを読み取り記録する。この場合、受光面に影にならぬよう注意する。 (3) 測定し終わったら日射計の水量をメスシリンダーで量る。 ○日射計の水温度変化から日射量を求める計算式を考えさせる。 ※日射量(cal/cm²min) = $\frac{\text{水の体積} \times \text{温度変化}}{\text{受光面積} \times \text{時間}} \times K$	○板書し説明する。 ○器種によってはその器具の誤差を補正するためにKの値を明記しているものもある

〈活用例・直達日射量の測定〉



指導内容	教師の活動 ※生徒の活動	指導上の留意点
	この場合、Kの値を生徒には単に水の比熱として考えさせる。 ○測定方法が理解されたか確認する。	○ので注意されたい。 ※測定方法が理解されたか。
実験の準備をさせる。(8分)	○測定のための各係を決めさせる。 ※計時係、温度読み取り係、追尾(受光面を日光に垂直にする)係、記録係を決める。 ○追尾係に、日射計の容器にあらかじめ汲んでおいた水を入れ、温度計の球部が受光面の中央にくるように温度計を差し込むこと、及びこぼれた水はちり紙で丁寧に拭き取ることを指示する。 ※追尾係の準備が終わり次第、測定場所に移動する。 ○クランクボルトをゆるめ受光面が日光に垂直になるよう固定させる。 ※作業 ○受光面が太陽光線に垂直になっているか、温度計の目盛りが受光面に陰にならないで読み取れる方向に向いているか確かめさせる。 ※確認する。	※測定の準備が万全か。
日射計の温度変化を測定させる。(20分)	○温度変化を測定させる。 ※測定 ○各グループの測定が終わったら実験室に移動させ、日射計の水量をメスシリンダーで量らせるとともに後始末をさせる。 ※移動、水量を量る、後始末をする。	
測定した結果から日射量を求めさせる。(5分)	○測定結果をグラフ化させる。 ※作業 ○グラフの3～5点で直線になる部分の傾きから前記の計算式にしたがって直達日射量を求めさせる。 ※計算	
測定した日射量と太陽定数を比較させる。(5分)	○計算結果を発表させる。 ※結果の発表 ○人工衛星に乗って大気圏外で直達日射量を測定すると2cal/cm²minとなること、これを太陽定数ということを説明した上で、太陽定数と測定結果とを比較させ感想を述べさせる。 ※感想 ○大気に吸収される量等については、地球の熱収支のところで検討してみよう。	※日射量が求められたか。

(6) 生態系と物質循環

ア.ねらい

ここでは生態系の構造と機能及び物質循環の概要について理解させるとともに、生態系、物質循環にはある種のつり合いが保たれていることを理解させる。

イ.構成と展開の要点

生態系は構造と機能を具体的に扱うこと、物質循環は炭素や窒素などの代表的元素について、循環のしくみとエネルギーの流れを扱い、有機的自然と無機的自然との関連を指導するようになっている。中学校では、生物界における生産と消費、生物界における分解者、生物界のつながり、人間の生存を支える物質とエネルギー、エネルギーの流れと物質循環を学習するので、理科Ⅰと重複する内容である。したがって、ここでは具体的な例をあげながら、小・中学校のまとめとして指導することになる。指導計画としては次のようなものが考えられる。

第1次 生態系	生態系の構造	1 時間
	各種の生態系の構造	1 "
	生態ピラミッド	1 "
第2次 物質循環	炭素の循環 窒素の循環	1 "

ウ.小・中学校と高等学校の関連

小 学 校	中 学 校		高 等 学 校	
	第 1 学 年	第 3 学 年	理 科 Ⅰ	生 物
○草むら、水中などの動物の食べ物、住み家、動き(第2学年)	○自然と生物 ・環境に適応した身近な生物 ・生活と環境条件	○生物界における生産と消費	○生態系と物質循環	○生物の集団のなりたち ・動物集団 ・植物集団 ○生物の集団の変動 ・動物集団の変動 ・遷移 ・生物の分布
○植物の成長と季節(第3学年)		○生物界における分解者		
○動物の活動と季節(第3学年)		○生物界のつながり		
○魚の食べ物、卵のかえる様子と水温(第5学年)		○人間の生存を支える物質とエネルギー		
○植物どうしのかかわり(第6学年)		○自然界のつり合いと環境保全		

エ.指導にあたって

生態系に関する実験としては、小・中学校で行われてきたものばかりであるが、土壌動物調査、森林や草原の植生調査などがある。

(7) 資源と環境保全

ア.ねらい

ここでは、資源、太陽エネルギー・原子力の活用、自然環境の保全の重要性を理解させ、人間と自然のかかわりで総合的にまとめることがねらいである。

イ.構成と展開の要点

中学校の「人間と自然」は、「人間の生存を支える物質とエネルギー」、「自然界のつり合いと環境保全」の2項目からなり、前者は生物の生活環境の構成要素、人間が利用する物質、人間が利用するエネルギー源、後者は自然界におけるエネルギーの流れや物質循環、自然の開発・利用と環境保全から構成されている。中学校の内容と重複しないためにも、理科Ⅰでは全地球的な規模で理解させることが大切である。資源については、再生産のできる資源とできない資源があり、再生産できない化石燃料の枯渇とそれに代わるエネルギー源としての太陽熱、原子力、地熱などの活用を中心に扱う。自然環境の保全については、人間の活動と自然との調整を図ることの重要性を、人間のあゆみと関連させながら展開する。指導計画としては次のようなものが考えられる。

第1次 資源	資源、化石燃料	1 時間
	エネルギー開発	1 "
第2次 自然環境の保全	人間の発展と環境問題	2 "
	人間と自然との調和	1 "

ウ.中学校と高等学校の関連

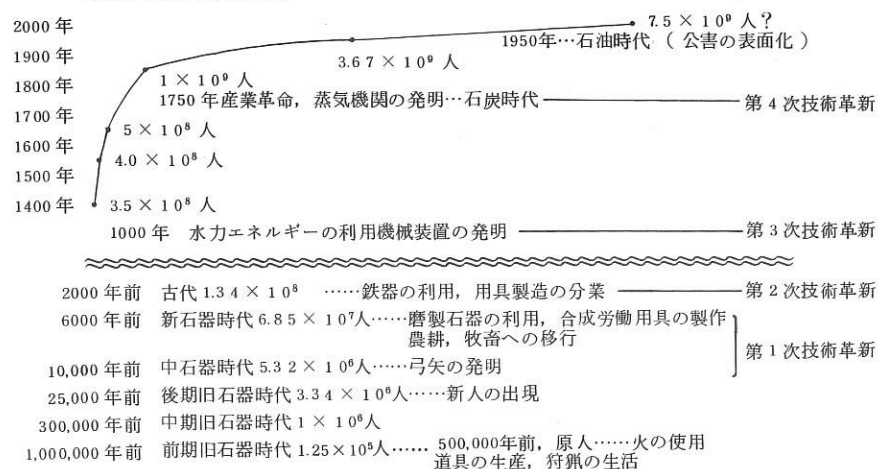
中 学 校 第 3 学 年	理 科 Ⅰ	理 科 Ⅱ
○人間の生存を支える物質とエネルギー ・生物の生活環境 ・人間の利用する物質 ・人間の利用するエネルギー ○自然界のつり合いと環境保全 ・自然界のエネルギー、物質の循環 ・環境保全	○資源 ○太陽エネルギー、原子力の活用 ○自然環境の調和	○自然環境についての調査

エ.指導にあたって

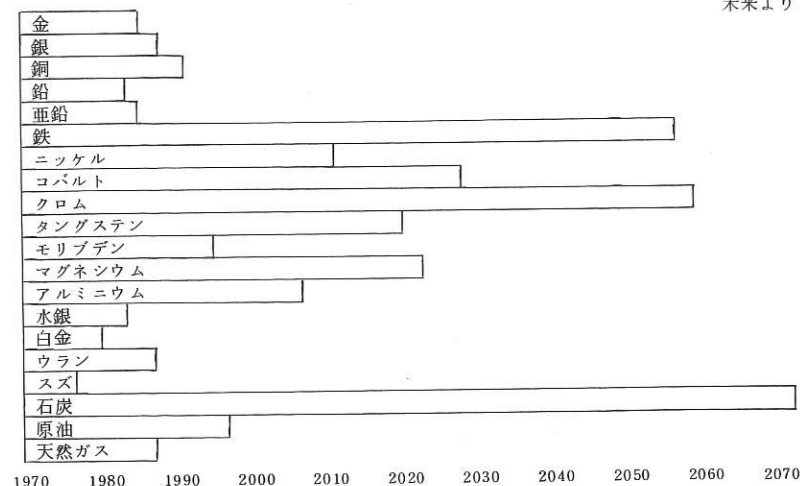
本項目の実験としては、水質検査や大気汚染の調査などが考えられるが、どちらも簡単なものではない。理科Ⅱの自然環境についての調査で時間をかけて取り組ませたい。ここでは現在問題となっている人口増加の問題、それに伴う食糧危機、エネルギー危機、環境破壊等についての映像教材や資料を使って、人間と自然との調和をどのように解決するかを考えさせることが大切であろう。

ウ 資 料

1. 爆発的な人口増加（指数関数曲線で増加している）（講談社 人類の未来、及び東海大学出版会、人間と自然より）



2. 地下資源の枯渇〔現代の技術で採掘可能な量に関する最も悲観的な予測〕（講談社 人類の未来より）



あ と が き

昭和55年9月、文部省主催の地区別研修会が、当教育センターを会場にして開催された。それに先立って、当教育センターとして「理科I」をどのように考え、全体構成をどうするか、また、どんな実験事例を設定するかについて、いろいろ研究討議した、それらを集約して、基本的な考え方としている。その際、「理科I」を相当する教師が一人の場合と二人の場合とでは、その全体構成も違って来るであろうし、さらにその専門性を考慮すれば指導は一層困難になってくる。そのため、県内のアンケート調査をもとに物理・化学領域と生物・地学領域の組み合わせを予想し、担当教師は2名として全体構成を試みた。

従来、高等学校理科の教師はその専門性から他領域の指導がなかなか容易ではなく、そのため、教師がその専門性をこえて、自信をもって指導に当たることのできる指導資料が望まれている。この点を中心に考慮しながら、基本的で平易な実験事例を取り上げ、容易に指導できるよう展開例を示した。

それぞれの専門の立場からみれば、実験事例も少なく物足りない点も多々あるものと思われるが、この指導資料が活用され、さらに効果的な実験事例が数多く開発されることを願うものである。

全体的に統一をはかりながら作成に当たったが、ページ数の関係などから十分意を尽くせなかった点や不備の点もあるので、今後さらに御検討いただき、御批正を賜りたい。

参 考 文 献

- 小学校指導書 理科編 昭和53年 文部省
中学校指導書 理科編 昭和53年 文部省
高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編 昭和54年 文部省
改訂中学校学習指導要領の展開 理科編 森川久雄 大塚誠造 1977年 明治図書
高等学校新学習指導要領の解説 理科 大塚誠造 小森 学 昭和54年 学事出版
改訂高等学校学習指導要領の展開 理科編 石黒浩三 大塚誠造 1978年 明治図書
中学校理科指導細案 1, 2, 3年 山極・大塚・小林編 1981年 明治書院
理科教育指導資料 環境・保全 基礎理科 昭和48年 山形県理科教育センター
理科Ⅰ・Ⅱの実験指導 日本理化学協会編 昭和54年 培風館
「理科Ⅰ」指導の構成と展開 全国理科教育センター研究協議会 1981年 東洋館出版社
生物実験のテキスト 1978年 山形県高等学校生物教育研究会
岩波講座 地球科学1 1978年 岩波書店
新地学教育講座1 地 球 1976年 東海大学出版会
新地学教育講座16 人間と自然 1976年 東海大学出版会
地学のあゆみ 理科教育のための科学史4 島村福太郎編著 昭和54年 第一法規
東京天文台編纂 理科年表 1981年 丸善株式会社
人類の未来 昭和52年 講談社