

興味を抱き、疑問を解決する力を育成する物理指導

- 工業高校における書き込みプリント学習の授業実践 -

岐阜工業高等学校 近藤 進

1 指導者の意図

自然の事象を観察し、興味・関心を持ち、疑問点を見つけて、その解決のために科学的思考力によるものの見方が理科の学習に大切である。そのような学習が中学校でされてきた。その上で専門教科にあこがれの心をもって、工業課程の本校に進学してきたと考えられるが、本校の現状はそのような生徒と、必ずしもそのようでない生徒も少なからずみうけられる。

本校は1学年8学科9クラスであり、工業科の基礎教科として、物理 Bを1年次2単位(2年次2単位)を履修して、3年次に化学2単位履修する。理科の教科では物理が中心的である。入試の成績からも判断できるが、各学科による学力差も顕著である。

身近でおこる物理現象に関心を持ち、疑問を持つけれど、その疑問の解明方法を見つける基本的な力が不足気味の生徒も目立つ。1年次の授業では、物理の基本知識が欠如気味の生徒実態をも念頭において、授業の進度、書き込みプリントのレベル、実験の進め方、生徒への発問等を考慮した授業展開を試みてきた。特にプリントは読み切り小説型をとり、毎時間ごとに配布した。授業後にファイルに綴じて学習ノートを作成させた。

昨年までの授業実践をもとに本年度は物体の運動分野の「衝突と運動量」、エネルギー分野の「仕事とエネルギー」、「力学的エネルギー保存法則」、「分子運動と気体の性質」、「熱とエネルギー」について、必要最小限の講義と書き込みプリントを中心にした授業を試みた。自然の事象に関心を持ち、「疑問点を解決できる力」を育成する物理指導の在り方を研究課題としてきた。試行錯誤の授業展開を示したい。

2 問題解決能力に関する単元案(抜粋)

時間	学習内容	事物・現象をみる	問題を見いだす	解決法を考える
2	物体の衝突について考えさせる 物体の衝突	衝突球(カチカチボール)の運動を観察する	衝突の前後で球の速度がどう変化するか	球の数を変えて衝突させる
	運動量概念を理解させる	力学台車の衝突を観察する	運動量($p = mv$)と速度にはどんな関係があるか	衝突球の運動に運動量概念を導入
1	実験 運動量の保存	台車の衝突時の速度変化	球の速度は衝突時どうなるか 運動量はどのように変化するか	運動量を計算して比較させる
1	運動量の保存を理解させる 運動量の保存法則	斜め衝突(VTR)を観察する	前回の実験結果を確認	衝突前後の運動量の和に着眼
1	運動量の変化と力積 運動量の変化と力積	ペットボトルロケットの観察 キャッチボールを手でする	ロケットの飛行距離、高さの差を確認 手の捕球時の感覚を確認	空気・水の量及び圧力を変える 捕球方法を変えてみる
1	作用反作用と運動量保存の関連を理解させる 運動量の保存と作用反作用	同じ質量のボールと粘土球を台秤に落下させて針のゆれを観察する	針のゆれの違いをどのようにとらえるか	衝突前後で運動量の変化は力積に等しいことから運動量保存を導き出させる
1	床とはねかえり - 1はねかえり係数	床にボールを落下させた時はねかえりの高さの値を読みとる	ボールの高さはどのように変化するか	相対速度で考えさせる

1	二物体間のはねかえり - 2 はねかえり係数	はね返るボールの運動を観察する	物体の速度はどのように変化するか	速度を移動距離に関係させてみる。
1	仕事とその測り方 仕事とは	日常の仕事と物理量の仕事との相違を認識させる	F・Sの意味(+・- 0の場合)	
1	仕事の能率 仕事率とは	階段での自分の仕事率を測定させる	効率と仕事量との関係	$P = W \div t$ の紹介
1	仕事と力学エネルギー 仕事と運動エネルギー	力学台車を走らせて空き箱で停止させる	台車の速度が減少する要因について	空き箱を何が移動させたか運動エネルギー・位置エネルギーに視点を向ける
1	重力による位置エネルギー 位置エネルギー	各自の体重を地表からHRまで持ち上げたときの仕事量を計算させる	重力のした仕事の量はいくらか	$E = mgh$ の紹介
1	弾性力による位置エネルギー 弾性エネルギー	伸縮したバネがおもりに仕事をすることを観察	バネの変位とエネルギーとの関連について	F x グラフにおける面積の計算
2	自由落下運動と力学的エネルギー 自由落下運動とエネルギー	落下運動の速度をミニ4駆動車用速度計で求めさせる(図14参照)	落下速度がどう変化するか	運動エネルギー・位置エネルギーの増減分を計算させる
	摩擦力のする仕事	どんな摩擦があるか観察させる	摩擦力のする仕事の正負について	運動エネルギーの減少量は何に消費されたか
1	実験 仕事と熱	発泡スチロールの筒で鉛散弾の温度変化を測定する	鉛散弾の温度上昇の要因を考えさせる	ジュールの実験の紹介(VTR)
1	力学的エネルギーの保存法則 力学的エネルギーの保存	落下速度の変化と高さの変化を関連させて観察させる	斜面上の運動と自由落下運動との比較について	プリント11の数値から $E_p \cdot E_k$ の和を求めさせる
1	実験 力学的エネルギーの保存	球の高さと水平到達距離の測定	糸が切れた時の球の高さと水平到達距離との関係について	$E_p \cdot E_k$ の和がどんな数値になるか計算する。
1	熱運動と温度 熱運動と温度	魔法瓶中の水温を上昇させる	高温とは何か	分子の運動と物質の三態を考える
1	ボイルの法則 ボイルの法則と分子運動	注射器と台秤で気体の体積と圧力を測定する(演示実験)	圧力・体積の変化量に着眼	圧力・体積の積はどうなっているかを計算する
2	シャルルの法則 シャルルの法則と分子運動	熱気球の浮上を観察	浮力を発生させるものは何か 絶対温度は何か	$V/T = \text{一定}$
	ボイル・シャルルの法則	圧力・体積・温度を変化させた場合を考えさせる	$V/T = \text{一定}$ と $PV = \text{一定}$ との関係は?	ボイルの法則とシャルルの法則をドッキングしたらどうなるか?
1	実験 ボイル・シャルルの法則	空気の体積変化を観察	圧力変化はどうして生ずるか?	PV/T の値を計算すると
1	温度と熱量 温度と熱量	冷水に高温の比熱球を入れて水温変化をみる	温度が高いと熱量が大きいのか?	移動した内部エネルギーが熱である

	熱平衡	沸騰した湯をビーカー中の冷水と接触させて温度変化を観察させる	温度はどのように変化するかに着眼	放出したエネルギーの行方を考えさせる
	熱容量・比熱	沸騰した湯で加温した比熱球と湯の温度変化を比較させる	温度変化の違いを認識させる	$Q = mc\Delta t$ の関係を紹介
1	実験 比熱の測定	金属球と水の温度変化の測定	温度がどのように変化したか	熱平衡の概念を考えさせる。
1	内部エネルギー 内部エネルギー	圧気発火器での点火	気体の温度がなぜ上昇したか	エネルギーは保存されていると考えると・・・
2	不可逆変化 (不可逆)変化	事例を探す	可逆・不可逆か?	分子の熱運動に関係するとどちらになるか?
	熱効率と熱機関	クーラと熱機関をエネルギーの観点で比較検討させる	熱効率がなぜ低いのか	熱力学第2法則を紹介し、さらに調べさせる

予定実施時間 28 時間 (実験 5 時間)

3 授業の展開・生徒の活動 (抜粋)

(運動量の変化と力積)

- 1 力積から運動量が衝突の前後で変化しないことを数式で説明を試み、実験結果を検証する。

運動方程式 $ma = F$ において、 $a = (v' - v) / t$ を代入して、 t を消去して

$$mv' - mv = Ft \quad (\text{運動量の変化が力積になる}) \text{ を導く。}$$

台車間にはたらく力は作用反作用で説明し、

$$\begin{aligned} m_1 v_1' - m_1 v_1 &= Ft && \text{と} \\ m_2 v_2' - m_2 v_2 &= -Ft && \text{から} \end{aligned}$$

力積を消去して

$$m_1 v_1' - m_1 v_1 + m_2 v_2' - m_2 v_2 = 0 \quad \text{を導き}$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

(衝突前の運動量の和が衝突後の運動量の和に等しい) を確かめさせる。

- 2 問1 と では運動量の理解を確認させる。
力積において、はたらく力の作用点と向きに注意をさせる。
ボールについての力積か、手についての力積かを明確に考えさせる。
図 40 を効果的に使用し OHP の使用も効果的である。

問2 推進力は何から何への力かを問1と同様に明確にして解答させる。

* 生徒の活動結果

- 1 数式で説明を試みたが、移項の意味、消去法の数学的基礎力不足が目立った。
物理と数学が苦手な生徒にとってはあまり理解できなかったのではなかろうか。
- 2 問1 運動量の計算はほぼできた。
手の受けた力積と、ボールの受けた力積を区別できない生徒が多く、図40を再度使用して説明を試みた。
この単元は今後も適宜続けることが必要と感じた。
図40の説明を進度が遅れていたクラスで試みた結果は良好であり、次の単元にも使用することにした。
- 問2 気体のガス (質量600[kg]) がなぜ推進力に結びつくのかが取っつきにくいようであった。
力積と運動量の関係は理解に大きな開きが生じた。

(仕事とは)

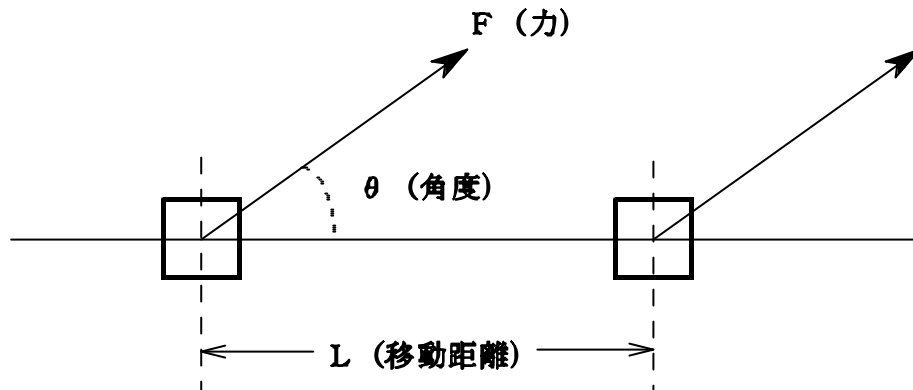
- 1 日常生活のシゴトと仕事を比較させて、物理量の「仕事とは何か」を鮮明にする。教科書を読んで理解したことを記録させる。個人の学力差により授業進度に影響があるが、問を自学自習させてみる。
- 2 仕事の測り方では、力の向きと移動する向きが一致しない場合を例にして説明する。

三角関数は余弦 (\cos) のみを説明する。

$$= 0 \text{度の場合} \quad W = F L$$

$$= 90 \text{度} \quad W = 0$$

$$= 180 \text{度} \quad W = - F L \quad \text{の解説が必要である。}$$



- 3 様々な動作における仕事を計算させてみる。

図表の例の計算

* 生徒の活動記録

- 1 仕事の定義は教科書を参考に書くことができた様子である。
1 [N]の力を加えて、力の向きに1 [m]動かすときの仕事の量が1 [J]となること(つまり $1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}$ の関係)までは考えられる生徒は少なかった。
- 2 三角関数の学習は理解が困難な様子であり、説明に時間がかかった。
角度が鈍角、仕事量が負の数値をとることが理解できないようであった。
一通りの説明の後で問題演習をさせた。数値計算はできていた。

(仕事率とは)

- 1 「パワーがある。」このことを各自で今一度考えさせて関心度を上げる。
- 2 仕事の能率を考えると時に費やした時間がポイントであることを認識させる。
自分で教科書から書き写させて意識を鮮明にさせる。

($P = W / t = \dots = F v$) の説明は理解段階にあわせ第2段階にする。
また、式の変形が理解できない生徒が目立つので解説を適宜行なうようにすると、効果的である。

問2 指数計算には丁寧なアドバイスがあるとよい。

24時間は「秒単位にするといくらか」を確認するとよい。

問3 ひばりの質量が $100 \text{ g} = 0.1 \text{ [kg]}$ であること、速さはいくらかを確認させる。

問4 問3と同様に3300万は 3.3×10^7 「N」であることの指導をするとよい。

ロケットの速度は最初の1秒間の平均の速さを考えさせる。

階段での仕事量の測定は、授業時間にさせてみるのも一つの指導方法ではないか。

4 考察

「衝突と運動量」「仕事とエネルギー」等の分野をクラスの学力実態（生活化学、電気、デザインの3クラス間に大きな格差がある）をふまえて研究課題にとりくんだ。授業展開で下記のようなことがわかった。

前期の授業では中学校での学習内容が多いためか、昨年同様、学力格差はあまり顕著には現れなかった。

生徒への発問を多く試みて授業進度が遅れ気味になったが、予想以上に挙手をする生徒、質問をする生徒が多く、生徒の前向きな姿勢を感じることができた。

興味関心さえも示さない生徒が特定のクラスに目立ち、学力差に対応した学習プリントへ修正をしつつ進めた。あまり芳しい結果がでていないので更なる改良を試みることになった。

数学的要素が多くなるとつまずきが目立ち始めて、定期考査にはクラスの理解度の差がさらに顕著になったのでその都度プリントを再構成した。実態把握をフィードバックしてみた。後続のクラスでの効果を期待している。

板書が苦手な生徒には書き込みプリントは好意的に受け入れられた。記録内容の明確化が、学習内容の理解に有効な様子であった。

プリントの書き込みの出来具合が授業進度の参考になった。

「物理単位」と化学記号（N、C、S）とを混同したり $[m/s^2]$ や $[m/s]$ などを同一視する場面もあったので、必要最小限の単位にしばって定着をはかってみた。

興味・関心を呼び起こすことは不十分ながらできたと思われたが、疑問点を解決しようとする場面では積極性が乏しかった。思考する時間と知識の供与を如何にするかが課題になった。

書き込みプリントのファイルを用意させた事は紛失防止に効果があった。

書き込み作業をすることで自らが思考をし、「疑問点を解決する力の育成」についての効果は明確でなかった。半年程度では無理のようだった。

5 まとめ

従来の講義形式の授業だけでは、今日の多様な実態の生徒に対して、効果的な学習は困難であると痛感した。基礎知識が不足気味の生徒に対して削減された時間的制約のもとで学習させるには、学習内容の精選、授業形態の改革の必然性があり、物理現象に興味・関心をもたせ、疑問点を生徒自身で解明する力を育成することを念頭におき、前記のような授業展開をしてきた。

今回の毎時間の書き込みプリントを基本とした授業は生徒に積極性を持たせるのにある程度の効果があったと思える。時間ごとにカラフルな彩色プリントをつくりファイリングさせて復習するように指導した。プリントファイルの点検時、不備な箇所を指摘したコメントを書き添えるようにした。このコメントを生徒はよく受けとめてくれた。

また、成績結果に固執する生徒も多く考査直前に、プリントの不備な箇所を情報交換させて学習内容の定着を促した。日頃は教師は指針を示すことに重点を置き、生徒からの質問、疑問はできるだけ他の生徒へ解答を求めた。この時に質問が続出して自分の「疑問点を解決する力の育成」をねらった授業展開を反省する事にもなった。

多量な内容を教授しようとした物理教育が物理を難しく考えさせてしまい、嫌悪感を持つ同僚の教師も少なくない。今回の研究課題が大切であるとする。一方、このことを鑑みると昨今の「ゆとり」をねらった研究課題の功罪が、大学生の一般教養不足に関係しているのではないかという危惧もある。詰め込む知識の精選が、勉強しなくなる高校生の増加になるのではないか？このような問題提起に対処することも今後の課題ではないか。「問題解決能力」が理科以外の分野でも有効な力になるように研究課題を進めていきたい。（プリント作成に参考にした資料）

物理 B 改訂版 三省堂 新訂物理 B 大日本図書（指導資料を含む）

物理 B の実験 岐阜県高等学校理化教育研究会