

大学入試問題（物理分野）の教材化

石川 真尚

大学入学試験で出題された物理科目の問題を高校物理教育の視点から検討し、問題の中で扱われる実験の教材化を行うとともに、大学入試問題が、教材を考える上で新しい発想や切り口となる可能性を探った。

[キーワード] 高等学校物理 , 大学入試 力のつり合い 円運動 光の干渉

はじめに

大学入試で出題される物理科目の問題は、物理学の専門家である大学教育関係者からみた高校物理の姿を映し出している。また、それらを検討することは、大学が期待する学力を考えることにもなる。高大連携が求められる中、大学教育関係者が作成した大学入試問題を高校物理担当者が教材化を通して検討することは、相互理解を図る一手段として有効であると考えた。

そこで、過去に全国の大学入学試験（大学入試センター試験を含む）で出題された問題の中から教材として活用できるものを検討し、その教材化を図った。以下に3学年理系の物理の授業で行った3つの教材を紹介する。

1 力のつり合い

[問題の概要]

板上の人が滑車にかけた1本の綱を引っ張って静止している。綱の重さ、滑車と綱との間の摩擦は無視できる。綱は滑車にかかっている部分を除きすべて鉛直になっているものとする。人60kgw、動滑車8kgw、板とロープの合計は10kgwである。下の値を求めよ。

- (1) 人が綱を引いている力の大きさ。
- (2) 人が板から受けている力の大きさ。

[出題 京都府立大学(出題年不詳)]¹⁾

ねらい

ここでは、注目する物体にはたらいっている力を考え、その合力が0になることを理解させる。また、実際に自分が持ち上がる状態を体験することで、垂直抗力の変化を感じさせ、垂直抗力を知識および感覚で理解させる。

また、2.遠心力の準備として扱う。

なお、原問題では動滑車を用いているが、今回は定滑車一個のみを用いた。

[生徒に提示した実験] (プリント)

人間エレベーター(自分を持ち上げられるか)

右図のように、定滑車にかけた1本の綱の一端を引っ張り、板上の人が自分を引き上げられるだろうか。

(やってみよう)

3～4人一組になり、1人(A君)が台の上に乗る、もう1人(B君)が体重計を読む係となる。残りは記録と安全確保のための補助とする。

A君は自分で自分を引き上げる。体重計に乗ったまま、落ちないようにロープを引っ張って空中で静止させる。

B君は、体重計が何kgwを示しているか読みとる。(1kgwとは、地球上での質量1kg

の重さである。9.8Nの力である。)

(測定)

体重 W kgw 体重計の値 N kgw

台の重さ w kgw (体重計を含む)

(作図・計算)

(1) 人と台(体重計を含む)にはたらく力を、それぞれ右図に書き込め。

- ・人がロープを引く力の大きさ f
- ・人の体重の大きさ W
- ・台の重さの大きさ w
- ・台が人を押し返す力(垂直抗力)の大きさ N



(2) 人と台にはたらく力の式をそれぞれ書け。

(3) 上の2式から、次のa), b)を求めよ。

a) 人が自分を持ち上げるために最小限の必要な力はいくらか。

b) このときの体重計の値は計算上いくらになるか。

ようにした。

授業展開

体育館のバスケットゴールの支柱にセットした実験装置で実験を行い、その後、教室で作図と計算をさせた。

生徒の活動

- ・始める前は、自分で自分を持ち上げられることを疑う表情の生徒と半信半疑ながらも持ち上げてみようと思気込む表情の生徒が半々であった。



- ・あるグループが他人を引っ張り上げることを試みたところ、自分自身を引っ張り上げるよりも困難であることに気づいた。他の生徒もこのことに非常に興味を寄せた。

2 遠心力

準備

生徒用機の天板、ロープ、滑車、ワイヤー、体重計

実験装置

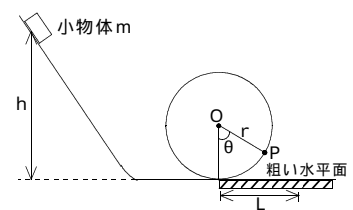
生徒用機の天板の四隅に穴を開け、ロープを通して台とする。四本のロープを1本のロープにまとめる。強固な支柱にワイヤーを通して、これに滑車をぶら下げる。滑車にロープをかける。



危険防止のため、各部品は体重に十分耐えるように、300kgw以上の体重に耐えられる装置とした。また、生徒が引っ張り上げすぎるとバランスを崩しやすく危険なため、ロープに結び目を作り、台が床から約30 cm以上あがらない

[問題の概要]

図のように、粗い水平面以外はなめらかである。質量 m の小



物体を水平面から高さ h の斜面上で静かにはなし、半径 r の円形ループに沿って1回転させ、右側の粗い水平面に入って L だけ進んで停止した。重力加速度を g する。

- (1) ループ上の点Pでの速さを求めよ。
- (2) 点Pでの小物体がループから受ける垂直抗力を求めよ。
- (3) 小物体がループを1回転するための、ループの半径 r の条件を求めよ。
- (4) 一定の加速度で減速しているとき小物体の加速度の大きさはいくらか。

[出題 東京電機大学(2005年度)]²⁾

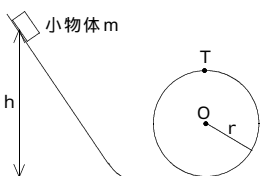
ねらい

1.力のつり合い（前時）の垂直抗力についての学習を踏まえ，小物体にはたらく垂直抗力に注目させ，ループを一周できる条件を導く。これにより，遠心力と力学的エネルギー保存の法則について理解させる。

[生徒に提示した問題・実験]

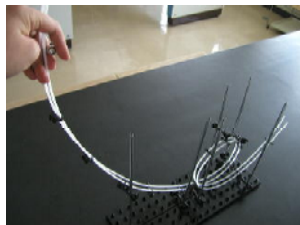
図のように，なめらかな斜面とループにおいて，質量 m の小物体を水平面から高さ h の斜面上で静かにはなし，半径 r の円形ループに沿って1回転させた。なお，ここでTはループ頂点とする。

小物体がループから離れることなくループを通過するため条件を求めよ。



準備

SPACE WARP (BANDAI 社製) を利用して製作した円形ループ



授業展開

斜面上で小球を様々な高さから滑らせ，ループを一周する場合と，途中でループから離れて一周しない場合を対比させる。

垂直抗力が最も小さくなる場所はどこかを考え，そのときの力の関係を作図により考察させ，ループを一周できる条件を理解させる。

生徒の活動

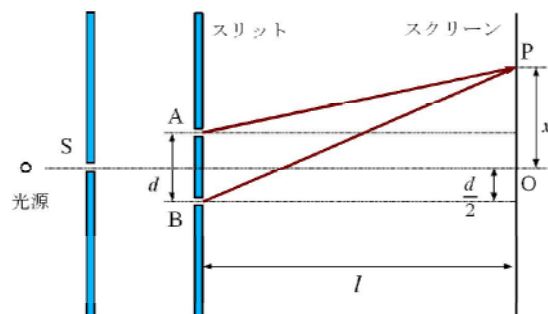
- ・小球がスタートするときの高さが，ループを一周するための条件となることに気づいた。
- ・ループを一周するためには，ループ頂点で小球にはたらく垂直抗力が0以上であり，それ

は小球にはたらく重力と遠心力により決まることを前時の学習から導き出した。

- ・ループ半径 r とスタートする高さ h の関係を計算した。

3 光の回折・干渉（ヤングの実験）

[問題の概要] [生徒に提示した問題・実験]



図のように，光源から出た単色光をスリットSとおし，さらに近接した2本のスリットA，Bに当てたところ，スクリーン上に明暗の縞（干渉縞）が現れ，点Oに最も明るい明線がみられた。スリットA，BはSから等距離におかれ，AとBの間隔は d とする。

- (1) スクリーン上で点Oに一番近い明線的位置を点Pとして，経路差 $|AP - BP|$ と光の波長 λ との関係答えよ。
- (2) スリットABの間隔 d ，スリットからスクリーンまでの距離 l をそれぞれ大きくしたとき，干渉縞の明線の間隔はどのように変化するかを答えよ。
- (3) スリットSの位置をわずかに図の上方に動かすと，干渉縞はどうなるか答えよ。

[出題 大学入試センター試験(2002年度追試験)]³⁾

ねらい

デジタルコンテンツとセンター試験の問題を活用しながら，ヤングの実験の基本的な概念の理解と定着を図る。

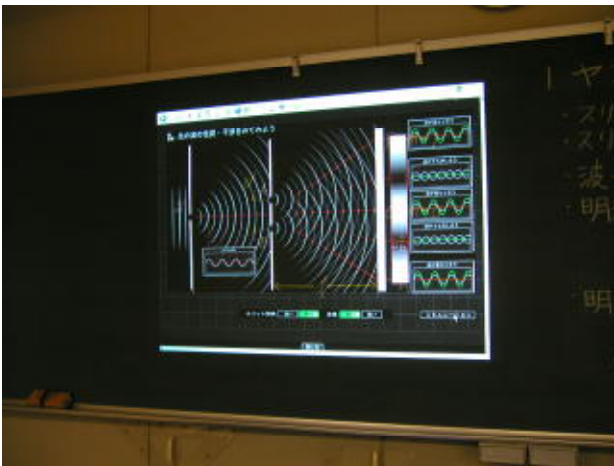
準備

レーザー光線，スリット，デジタルコンテンツ

なお，デジタルコンテンツは科学技術振興機構（JST）が運営する「理科ねっとわーく」の「シミュレーション：光の波の性質・干渉をみてみよう」を用いた。

授業展開

演示実験の後，プロジェクターを使ってどのようなコンテンツの映像を黒板に投影し，現象の解説を行う。つづいて，センター入試の問題を解答させる。



生徒の活動

- ・ヤングの実験の原理を理解した後，センター試験の問題を考察し，解答した。

その他に製作した実験装置

本研究において，他に製作した実験装置は次のとおり。

- ・鉛直の壁に押しつけた物体の垂直抗力を測定する装置。
- ・バンジージャンプの模型。
- ・円運動と遠心力の説明用実験装置。
- ・気体の状態変化と熱機関説明用実験装置。

まとめ

(1) 入試問題の教材化について

- ・センター入試は基礎・基本を問う設問が多く，授業のまとめや発展的な思考への導入として活用しやすい。入試問題のうち基本的な概念を扱っている問題も同様である。
- ・問題で扱っている題材には，高校の物理実験機器や身の回りのもので実験できるものと，そうでないものがある。また，理想的な状況で考察をすることが多く，実際に再現することが困難ではないかと予想されるものもある。その場合，理論と実際の差異についてその原因を考えさるとよい。
- ・難易度の高い問題や複合的な単元を組み合わせた総合問題を教材化したものは，物理的考察力を高めることができる。進路講習等で扱うことも考えられる。

(2) 教材化の有効性

生徒への提示は主に次の2とおりである。

大学入試問題を直接示さず，教師がそしゃく後，素材として示し，生徒の興味・関心を高めるもの。1.力のつり合い 2.遠心力
大学入試問題を直接示し，その解答を求める活動をとおして興味・関心を高める。

3.光の回折・干渉

どちらの場合も，本校生徒では，大学入試問題だから興味・関心を持つというよりも，扱う物理現象そのものに対して高い興味・関心を示した。

このことは，大学入試問題で扱う事例や現象の中に，生徒の興味関心を高める素材が豊富にあることを示唆している。今後も，教材研究の素材として検討していきたい。

参考文献

- 1) 2004物理 B・重要問題集 数研出版 2004
- 2) 2006全国大学入試問題正解 旺文社 2005
- 3) 2006大学入試センター試験過去問題集物理 代々木ゼミナール 2005

（いしかわ まさたか 平成17年度理科課題研修員 北海道稲西高等学校）