

力学

大学院理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻

高エネルギー物理学研究室

大島 隆義

教科書：

パルティエ物理学コース、太田信義著「一般物理学(上)」

1. 速度に依存する抵抗がはたらくとき

雨滴の落下速度を課題とする。粘性抵抗、慣性抵抗がはたらく
雨ふりの日にはこの力学現象を思い出せ。

教科書 (page26) の導入がうまい。ここで学ぶ抵抗成分がなければ、2 km上空からの雨の落下速度は地上ではほぼ 200m/s となる。時速に直すと 720km/時である。200-250km/時の新幹線の数値でなく、ジャンボ飛行機に近い速度だ。これではトタンに穴が空き、危なくて雨の日は歩けないとの説明だ。実に感覚的によく分かる。抵抗が働かず、簡単のため初速度 = 0 とすれば、雨の落下速度ならびに落下距離は先週の計算から求まる。つまり、式 (2.8) (2.9) から

$$\frac{dz}{dt} = -gt$$

$$z = -\frac{1}{2}gt^2$$

である。これに具体的な数字を代入すれば、上記の値が出る。

1.1 粘性抵抗の場合

教科書に従えばよい。なぜ、粘性抵抗の項にマイナス符号がついているのかも説明あり。

終速度を粘性係数 γ を用いて表記し、表 2.1 の具体的な数値を代入し評価してみよ。式(2.19)を導出に際しては、単位の取り方に注意が必要である。また、密度や粘性係数についても、空気の数値か、水の数値を用いるのかも十分考えて行うこと。

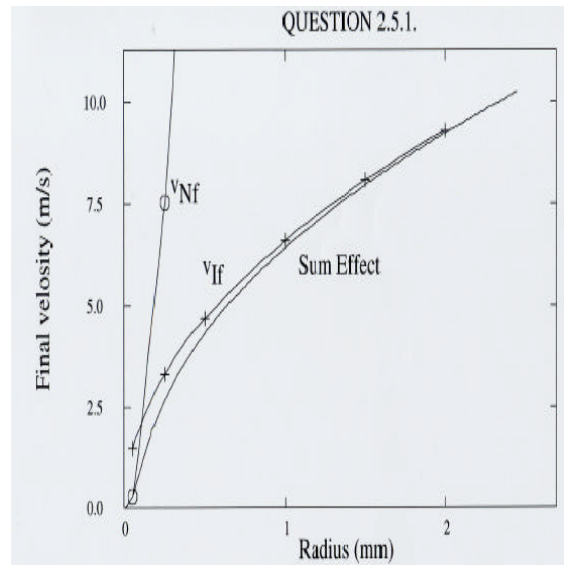
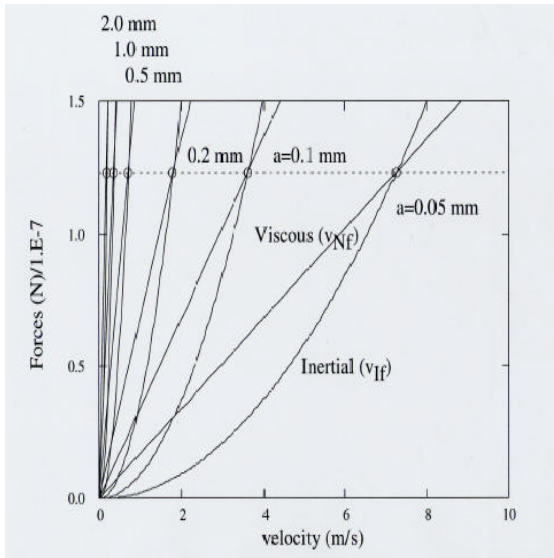
1.2 慣性抵抗の場合

ここでも、教科書に従え。特に、数値評価を行い、具体的なイメージをつかめ。

1.3 まとめ

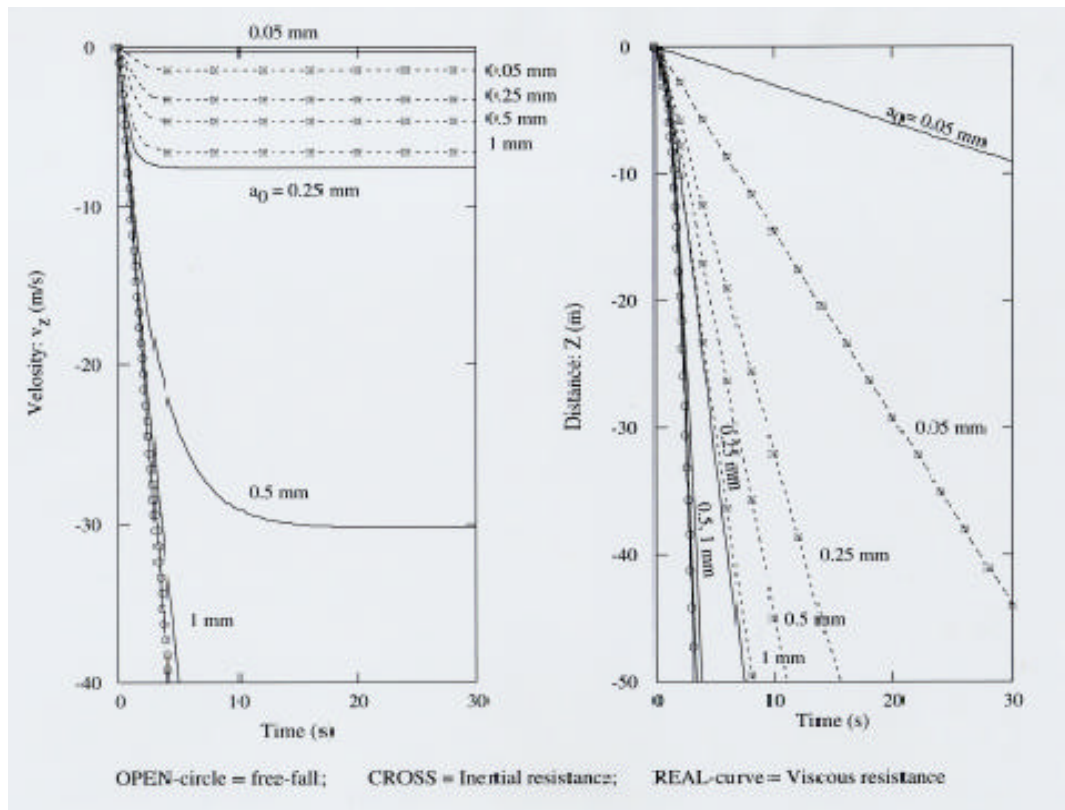
- (a) 雨滴に働く抵抗力と速度の関係を、
- (b) 問題 2.5.1. の雨滴の半径と終速度の関係を、
- (c) 落下時間と速度ならびに落下距離の関係を

授業でみた。各自自分で計算しプロットしてみよ、それらの振る舞いを理解せよ、
以下に、計算結果ならびに抵抗に関する事項を記述する。



雨滴に働く抵抗力と速度の関係

問題 2.5.1.の雨滴の半径と終速度の関係



落下時間と速度ならびに落下距離の関係

Point: 粘性抵抗 (摩擦抵抗) と慣性抵抗 (圧力抵抗)

流体中を物体が運動するとき、運動方向と逆方向に流体から力 (抵抗) を受ける。力は接線応力と法線応力がある。接線応力だけが働くとして計算される抵抗を摩擦抵抗または粘性抵抗と云う。法線応力だけが働くとした抵抗を圧力抵抗または慣性抵抗と云う。流れの慣性力の大きさと粘性力の大きさの比を示したものがレイノルズ数と云い、無次元量である。

Reynolds, Osborne (1842-1912)

マンチェスター大学機械工学講座の教授。数学の才能、物理学の原理への直感、実験の技術などの生得の能力で物理学と工学の広い領域で重要な貢献を果たした。また、J.J. Thomson をはじめ多数の俊英を育成した。代表的な研究は管の中の乱流に関するもの。

亜音速流 (レイノルズ数が大きい) の場合、流体は非粘性でかつ流れが物体から剥離しないと仮定すれば、慣性抵抗は 0 である。実際には、剥離や伴流を生じ渦の放出や発生があるため、物体の前後に圧力差が現れ慣性抵抗を受ける。超音速流の場合には、物体上または物体周辺に衝撃波が生じ圧力抵抗が現れる。これは流体の運動量の一部が波のエネルギーとして消費されるため、衝撃波抵抗と云う (物理学辞典より)

2. $\int \frac{1}{x} dx = \log x + C$ の導出

式(2.15)を解く過程において、

$$\int \frac{1}{x} dx$$

の積分が登場する。これは諸君もすでに学んだように

$$\int \frac{1}{x} dx = \log x + C \quad (\text{但し、} C \text{ は定数})$$

である。求め方を簡単に記しておこう。

$$x = e^y \quad (1)$$

とおく。書き直すと、

$$y = \log x \quad (2)$$

(1)式を x で微分すると

$$1 = \frac{dx}{dy} e^y \quad (3)$$

従って、

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{e^y}$$

左辺は $\frac{d(\log x)}{dx}$ 、右辺は $\frac{1}{x}$ である。つまり

$$\frac{d(\log x)}{dx} = \frac{1}{x} \quad (4)$$

これを x で積分すると

$$(\text{左辺}) = \int \frac{d(\log x)}{dx} = \int d(\log x) = \log x + C$$

$$(\text{右辺}) = \int \frac{1}{x} dx$$

よって、

$$\int \frac{1}{x} dx = \log x + C \quad (5)$$

となる。