

平成 23 年度夏学期 力学 B (鳥井) レポート問題 1

平成 23 年 4 月 14 日出題

1. ローラーコースターが曲率半径 r [m] の円形のレールの上を速さ v [m/s] で走っている。

(1) このローラーコースターに乗っている体重 m [kg] 人が感じる加速度 a [m/s²] を、次元解析により求めよ (重力加速度の影響は無視せよ)。余裕のあるものは、幾何学と微積分を使って a を求めよ。(無次元係数は幸運にも 1 であることがわかる)。

(2) 現在、最速のローラーコースターの速さは時速 200 km 程度である。人間が耐えられる加速度は 10G (1G は 9.8 m/s²) とされている。(1) の結果を用いて、ローラーコースターのレールに許される最短の曲率半径を求めよ。

2. 水面波の伝わる速さ V [m/s] は、波の波長に比べて水深が十分浅い場合、水深 h [m] および重力加速度 $g = 9.8$ m/s² で決まることが知られている。

(1) 次元解析により、 V を h および g で表わせ (無次元の係数は 1 とせよ)。

(2) (1) の結果は、津波の速さをよく近似する。水深 4000m の洋上および水深 10m の浅瀬における津波の速さを求めよ。

3. あまりにも巨大な動物が存在しない理由をガリレオは考察した。ここで我々は、あまりにも大きなブッチンプリンは崩壊してしまう理由を考えよう。プリンは同じ材料 (つまり同じ柔らかさ) で作るものとする。

(1) ブッチンプリンを、形をそのままに (相似形で) M 倍にすると、必要な材料は何倍になるか? またお皿に乗せたブッチンプリンの底辺に加わる圧力は何倍になるか?

(2) ブッチンプリンの比重は水と同じであるとする。またブッチンプリンは 1cm² あたり 50g 重の圧力を加えると崩れるものとする。崩壊しないブッチンプリンの大きさの限界を求めよ。

人間が作るにしても、自然が作るにしても、建造物の大きさを無闇な寸法に増すことの不可能なことが容易に分かります。ですから小さなものと同じ寸法で大きな船や宮殿あるいは寺院を造ることは不可能なのです。そんなことをすれば、櫂や帆桁、鉄釘、その他の各部分がばらばらになってしまいます。また、自然も並外れた大きな樹を作ることはできません。もし、そんなことをすれば、幹は自分の重さで折れてしまうでしょう。また、人間、馬、その他の動物の骨格も、もし背の高さを法外に高くすれば、それらが互いにもちこたえて世間並みの働きのできるように作り上げるわけには行かないでしょう。なぜならば、この背丈の増大は、ただ普通より固くて丈夫な材料を使用するか、あるいは骨を太くするかでなければ不可能で、その結果動物の恰好や容貌は化け物を思わせるほど、形を変えるでしょうから。(ガリレオ・ガリレイ「新科学対話」(1638)より)