

Windom の解答速報 慈恵医大 物理 2016

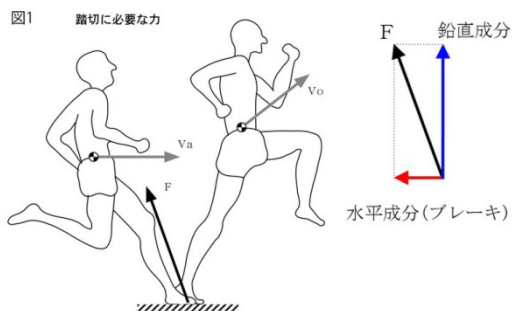
1.

問1 $ma_x = -f$
 $ma_y = N - mg \dots (答)$

【注意】踏み切り板が摩擦が全くないものである場合をイメージするとわかりやすい。蹴り方にもよると思うが、トップアスリートがトップスピードから前方の速度を斜め上方に変えようと踏み切った時は、足が前に滑るイメージが湧くのではなかろうか。実際にはそれを妨げようとする摩擦が後方に働く。下に陸上競技に関するHPから図とグラフを抜粋しておいた。

ただ、摩擦の向きは飛び方によって前も後ろもあり得るので、問題の条件ではどちらが正しいとは言い切れない。

なお、重力が地面からの抗力に対して相対的に小さいので無視して良いかの議論も生まれるが、体重が70Kgで重力は約700Nとすると、下のグラフでは抗力の最大の1/10ぐらいもあるので無視してはいけない。



HPより抜粋

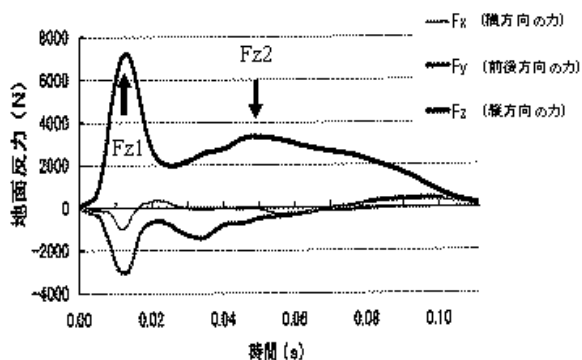


図1 走幅跳踏切中の地面反力
 Fz1: 接地時の衝撃力
 Fz2: 身体が正味に発揮した推力(跳躍距離と高い相関)

YNU スポーツアカデミーのHPからの抜粋
<http://ynus.ynu.ac.jp/at/html/itou-5.html>

問2 鉛直方向について

$$-\frac{h}{2} = v_{2y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\therefore t_1 = \frac{v_{2y} + \sqrt{v_{2y}^2 + gh}}{g}$$

水平方向は等速だから、

$$l = v_{2x}t_1 = \frac{v_{2x}(v_{2y} + \sqrt{v_{2y}^2 + gh})}{g} \dots (答)$$

問3 それぞれの方向の加速度は、

$$\begin{cases} a_x = \frac{v_{2x} - v_{1x}}{\Delta t} \\ a_y = \frac{v_{2y} - v_{1y}}{\Delta t} \end{cases}$$

だから、 $\tan \theta = \frac{a_y}{a_x} = \frac{v_{2y} - v_{1y}}{v_{2x} - v_{1x}} \dots (答)$

$|f| = |ma_x| = m \frac{v_{1x} - v_{2x}}{\Delta t} \dots (答)$

問4 $ma_y = N - mg$ より、

$$N = ma_y + mg = m(a_y + g)$$

$$= m \left(\frac{v_{2y} - v_{1y}}{\Delta t} + g \right)$$

$$R = \sqrt{f^2 + N^2}$$

$$= m \sqrt{\left(\frac{v_{2x} - v_{1x}}{\Delta t} \right)^2 + \left(\frac{v_{2y} - v_{1y}}{\Delta t} + g \right)^2} \dots (答)$$

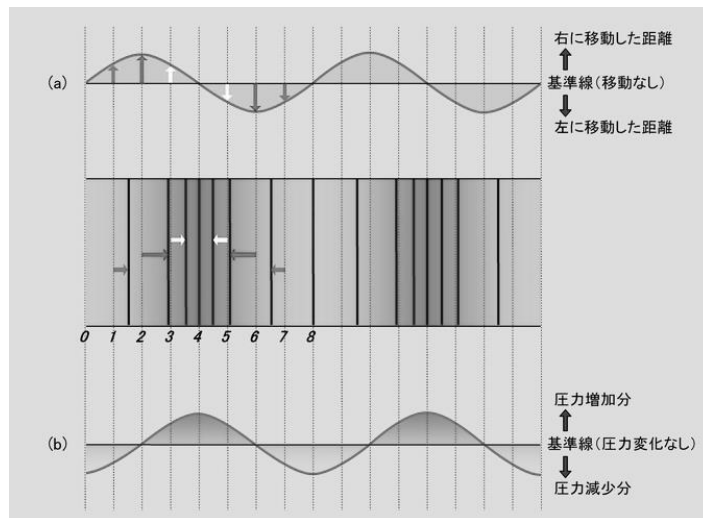
問5 $f = \mu N$ より、

$$\mu = \frac{|f|}{N} = \frac{\frac{v_{1x} - v_{2x}}{\Delta t}}{m \left(\frac{v_{2y} - v_{1y}}{\Delta t} + g \right)} = \frac{v_{1x} - v_{2x}}{v_{2y} - v_{1y} + g \Delta t} \dots (答)$$

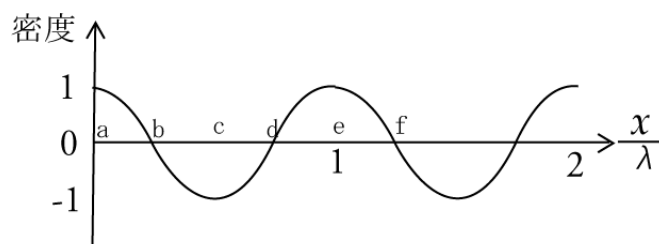
問6 $l = \frac{v_{2x}(v_{2y} + \sqrt{v_{2y}^2 + gh})}{g}$

$$= \frac{9.1(3.7 + \sqrt{3.7^2 + 10 \times 1.88})}{10} = 8.554 \div 8.6 \text{ m}$$

2. 問1 変位と圧力の関係は、

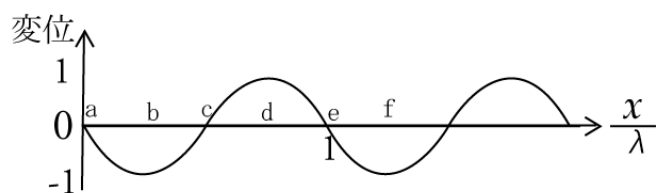


のようになる。図3をグラフにすると下のようになり、



【注意】「音がない場合の空気の密度からの差」とは、音がない場合の空気の密度を基準としてとらえる。よって、-1 になって一見密度が高そうに見える c 点は密度が最小である。

圧力と密度は比例するから、上の関係性を用いて変位のグラフは、



問2 C ; 変位。 $Q = CV$ より、電圧は電気容量に依存して、電気容量は極板間距離に依存するから。

D ; 速度。ファラデーの電磁誘導の法則 $V = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ より、電圧はコイルを貫く磁界の変化の速さに比例するから。

問3 C ; a, c, e。変位が0になる所。
D ; b, d, f。速度が0の所、つまり変位が最大になる所。

問4 C ; b, f。極板間が最大になる所。
D ; a, e。正の向きに速度が最大の所。

問5 C
Dのコイルは質量が大きい分だけ振動数が大きい高音には対応しづらいため。

3. 問1 ド・ブROI波長より、 $\lambda = \frac{h}{mv}$

$$\therefore v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$\text{よって、} \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2 = \frac{h^2}{2m\lambda^2} \quad \dots \text{(答)}$$

問2 力学的エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}mv_{CD}^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgz$$

$$\therefore v_{CD} = \sqrt{v^2 + 2gz} = \sqrt{\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2 + 2gz}$$

$$\lambda' = \frac{h}{mv_{CD}} = \frac{h}{m\sqrt{\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2 + 2gz}}$$

$$= \frac{h\lambda}{\sqrt{h^2 + 2m^2\lambda^2gz}} \quad \dots \text{(答)}$$

$$\text{問3 } n = \frac{v_{AB}}{v_{CD}} = \frac{\frac{h}{m\lambda}}{\sqrt{\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2 + 2gz}} = \frac{h}{\sqrt{h^2 + 2m^2\lambda^2gz}}$$

$$\text{問4 } \frac{l}{n} - l = m'\lambda \quad (m' = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

【注意】問題作成者は光波と同じように考えて、 $nl - l = m'\lambda$ ($m' = 0, 1, 2, 3, \dots$) とさせたかっただけであろうが、問3で $n < 1$ のため不適である。

$$\text{問5 } \frac{l}{\lambda'} - \frac{l}{\lambda} = m'$$

$$\frac{l}{h\lambda} \sqrt{h^2 + 2m^2\lambda^2gz} - \frac{l}{\lambda} = m'$$

ここで、

$$\frac{l}{h\lambda} \sqrt{h^2 + 2m^2\lambda^2gz} - \frac{l}{\lambda}$$

$$= \frac{l}{\lambda} \sqrt{1 + \frac{2m^2\lambda^2gz}{h^2}} - \frac{l}{\lambda}$$

$$\doteq \frac{l}{\lambda} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{2m^2\lambda^2gz}{h^2}\right) - \frac{l}{\lambda} = \frac{m^2\lambda gz l}{h^2}$$

$$\text{よって、} \frac{m^2\lambda gz l}{h^2} = m'$$

$$m'_{MAX} = \frac{m^2\lambda gz_{MAX} l}{h^2} = 9.1$$

9回強め合うので、谷は9回見られる。 \dots (答)

【講評】 今年も、慈恵らしい問題文を読んで解き進めて行く内容であった。日頃慣れてない内容のものばかりで受験生には解きづらく、難問と言える。しかし、昨年よりは解きやすいと思われる。

1. 日常から材料を見いだして物理的にとらえるという慈恵らしい問題。文意に従って注意深く立式することが肝要である。
2. 縦波をしっかり理解しているかが問題。内容自体はそれほど難しい訳ではないがやはり解きづらい。
3. 原子と力学と波動が混じった総合問題。まず内容を理解するのが難しい。途中まで解ければ十分。