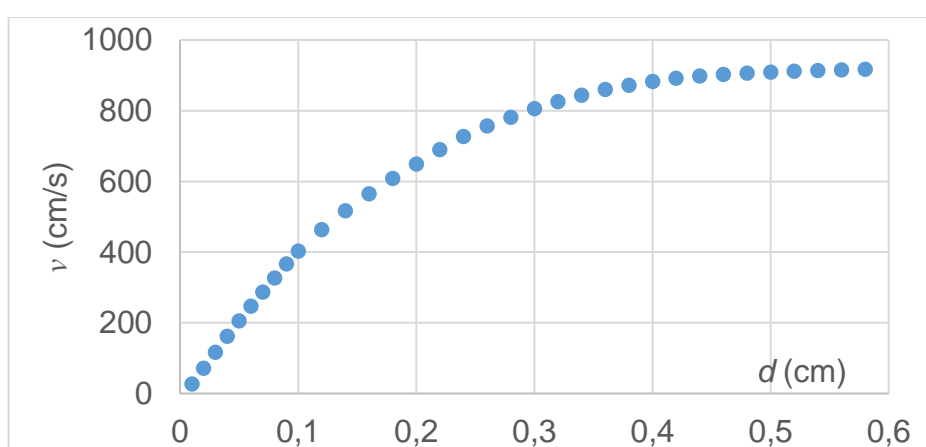


## Complementos de Mecânica Exercício em classe – 11/8/2016

### Atrito na queda da chuva

O diâmetro de uma gota de chuva típica varia entre 0,5 e 5 mm e afeta a velocidade com que cai ao solo. O gráfico abaixo foi construído a partir dos dados experimentais de velocidade limite de gotas de água destilada obtidos por Gunn e Kinzer. Ele dá a velocidade limite medida  $v$  em função do diâmetro  $d$  da gota de água, com o ar parado e ao nível do mar. O problema todo é muito complicado: gotas de chuva oscilam, juntam-se, partem-se, a chuva quente é diferente da fria – há uma enorme quantidade de trabalho nesse assunto, que está fora do escopo de nossa disciplina. Aqui, vamos nos restringir a verificar o limite de aplicabilidade de dois modelos diferentes para a força de atrito do ar, selecionar o que se adapta melhor aos dados abaixo e determinar o tempo e a altura de queda necessários para que uma gota de chuva atinja a velocidade limite.



1) Uma gota de água de diâmetro  $d$  cai verticalmente sujeita à ação da gravidade. A aceleração local da gravidade é  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ; use valores típicos para as densidades do ar e da água e ignore a força de empuxo e o vento. A planilha com os dados experimentais acima está na pasta dos exercícios em classe, “GotaAgua.xlsx”. Determine a velocidade limite em função do diâmetro e faça o gráfico correspondente para  $0 < d < 0,6 \text{ cm}$  quando a força de atrito é

- $\vec{F} = -b \vec{v}$ , com  $b = 3\pi\eta d$  e  $\eta = 18 \times 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- $F_v = \frac{1}{2} C \rho A v^2$  com  $\rho$  a densidade do ar,  $A$  a área da seção transversal da gota e  $C \cong 0,5$ , com mesma direção que a velocidade e sentido oposto.

2) Suponha que a velocidade inicial de uma gota de água com 0,3 cm de diâmetro seja nula, que seu diâmetro não se altere ao longo da trajetória, e que as densidades do ar e da gota sejam constantes. Com a lei de força de atrito do exercício 1 que explica melhor os dados experimentais para esse diâmetro, determine:

- A equação do movimento
- O tempo necessário para que a velocidade da gota atinja 99% da velocidade limite
- A distância percorrida desde o início da queda até atingir 99% da velocidade limite
- O tempo de queda dessas gotas de uma nuvem a 500 m de altura até o chão.

*Use valores típicos para as densidades do ar e da água e ignore a força de empuxo e o vento. Resolva os itens b) a d) numericamente.*