

Рис.1

1. Лінійний прискорювач (рис.1) складається із розміщених співвісно металевих трубок, які через одну сполучені між собою (а також із джерелом протонів Д та мішенню М) провідниками (див. рис.1). На прискорювач подається змінна напруга $U(t) = U_m \sin \omega t$.
 - а) Яке співвідношення між довжинами ділянок розгону x_i та трубок y_i забезпечить найбільш ефективне прискорення протонів?
 - б) Скільки ділянок розгону потрібно, щоб розігнати протони до швидкості, трохи більшої за $c/100$, якщо $U_m = 10 \text{ кВ}$, $\omega = 2\pi \cdot 10^6 \text{ рад/с}$? Якою буде в цьому випадку відстань між джерелом протонів Д та мішенню М?

Вважати, що пучок протонів тонкий (у порівнянні з діаметром трубок) і рухається вздовж осі системи. Знехтувати крайовими ефектами, взаємодією між протонами, їхньою початковою швидкістю та усіма втратами. Маса протона $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

2. Згідно сучасних уявлень, супутник Юпітера Європа складається з трьох основних шарів – зовнішньої крижаної кори завтовшки $H_k = 200 \text{ км}$, шару води товщиною H_v та внутрішнього твердого ядра радіусу R_j . Чому дорівнюють H_v та R_j , якщо радіус Європи складає $R = 1565 \text{ км}$, середня густина її речовини $\rho_c = 3100 \text{ кг/м}^3$, а густина води залежить від тиску за законом $\rho_v = \rho_0(1 + P/K)$, де P – тиск, а K – коефіцієнт стиснуваності води, рівний $K = 2.2 \text{ ГПа}$. Кригу у зовнішній корі вважати нестисненою із густиною $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$, а ядро – однорідним з густиною $\rho_j = 10000 \text{ кг/м}^3$. Гравітаційна стала $\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

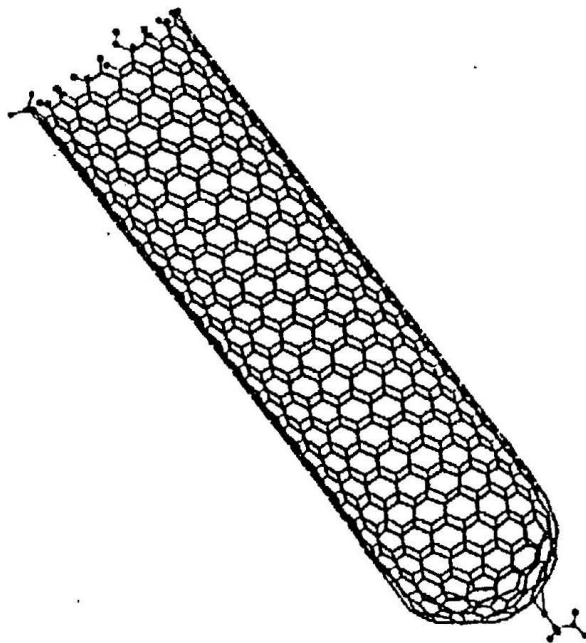


Рис.2

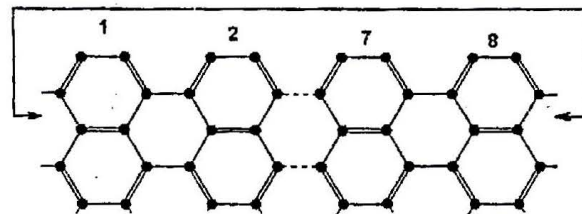


Рис.3

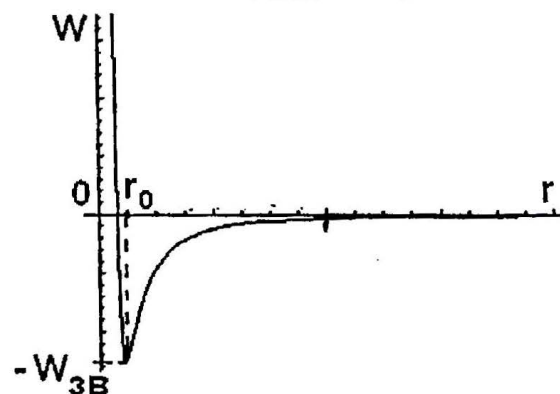


Рис.4

3. Вуглецева нанотрубка (рис.2) складається із кільцевих шарів атомів вуглецю, які по черговому поєднуються одинарними та подвійними зв'язками (рис.3). Кожен такий зв'язок має потенціальну енергію, залежність якої від відстані між атомами можна наблизити законом $W(r) = -A/r^2 + B/r^4$ (див. графік на рис.4). Вважаючи один кінець N -шарової ($N \gg 1$) нанотрубки закріпленим, оцініть силу, яку слід прикласти до її іншого кінця, щоб розірвати цю нанотрубку? Для одинарного зв'язку $W_{зв1} = 2.72 \text{ еВ}$, $r_{01} = 0.154 \text{ нм}$, для подвійного $W_{зв2} = 4.39 \text{ еВ}$, $r_{02} = 0.134 \text{ нм}$. $1 \text{ еВ} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Вважати, що напруження розподіляється по нанотрубці рівномірно, а перекосу при розтягуванні не відбувається.