

Условие

Задача 1. (20 баллов) В данной задаче рассматривается ряд эффектов, связанных с исследованием совместного движения большого числа частиц. Во всех пунктах задачи ускорение свободного падения считать известным и равным $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, сопротивлением воздуха можно пренебречь (можете считать, что описываемые ниже события происходят на другой планете). Поверхность земли следует считать плоской. Обратите внимание на численные расчеты (все они оцениваются), допускается проводить промежуточные вычисления и затем использовать полученные численные данные.

Сверхмощный снаряд массой $m = 600$ кг выпущен из пушки с начальной скоростью $v_0 = 6,2 \cdot 10^2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Через время $t_0 = 30$ с после выстрела он разорвался на очень большое число мелких осколков. Скорости осколков относительно снаряда направлены примерно равномерно во все стороны, а величины этих скоростей лежат в диапазоне от 0 до максимального значения $u = 1,2 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

1.1 За какое время звук от разрыва дойдет до артиллеристов, выпустивших снаряд? Скорость звука в воздухе $v_{\text{зв}} = 3,3 \cdot 10^2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

1.2 Опишите форму, размеры и положение «облака» осколков через время $\tau_1 = 20$ с после разрыва.

1.3 Оцените массу осколков, которые еще будут находиться в воздухе через время $\tau_2 = 60$ с после разрыва.

1.4 Покажите, что через любой промежуток времени τ после разрыва два осколка, находящиеся в воздухе, движутся друг относительно друга со скоростью пропорциональной расстоянию между ними, причем их относительная скорость $\vec{V}_{\text{отн}}$ направлена вдоль прямой, соединяющей эти осколки, т.е. $\vec{V}_{\text{отн}} = a\vec{r}$, (где $\vec{r}$ - вектор соединяющий данные осколки). Чему равна величина коэффициента a в этой формуле?

1.5 Согласно космологической гипотезе «Большого взрыва», когда-то вся Вселенная была сжата в точку. После «Большого взрыва» она начала расширяться, причем это расширение продолжается до настоящего времени. Астрономические наблюдения свидетельствуют, что все галактики удаляются от нас, причем скорость убегания галактик возрастает пропорционально расстоянию до них. Экспериментальный закон Хаббла говорит, что скорость «убегания» V прямо пропорциональна расстоянию до галактики R

$$V = HR,$$

где H - постоянная величина, называемая постоянной Хаббла. Если скорость «убегания» галактики V измерять в $\frac{\text{км}}{\text{с}}$, а расстояние R в световых годах (как это принято в астрономии), то постоянная Хаббла оценивается величиной, лежащей в диапазоне $H = (15 \div 30) \cdot 10^{-6} \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot (\text{св.год})}$. Считая, что постоянная Хаббла не изменялась с течением времени, оцените возраст Вселенной.

Световой год - расстояние, которое проходит свет за год. Скорость света $c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.