

## Задача 10-2 Мы мирные люди...

На 3 этапе Республиканской физической олимпиады Вы решали задачу о старте военной ракеты. Сейчас – все войны закончились, мы радуемся мирной жизни. Часто на воздушных парадах самолеты выпускают красивые, цветные шлейфы дыма, раскрашивая ими небосвод. Давайте попытаемся описать поведение этих шлейфов. Упростим ситуацию: действия будут проходить в безвоздушном пространстве. Более того, в первых частях в открытом космосе, где и силами гравитации можно пренебречь. Космический корабль имеет дымовую пушку. Дымовая пушка выпускает частицы дыма с постоянным расходом (т.е. в единицу времени выпускается одно и то же число частиц) с постоянной относительно корабля скоростью  $u$ . Можно считать, что все частицы испускаются и остаются в пределах цилиндра с некоторым постоянным диаметром. Если дым испускается неподвижной дымовой пушкой, то концентрация частиц в струе дыма постоянна и равна  $c_0$ .

Корабль снабжен двигателем, который изменяет модуль скорости корабля на величину  $u$  за время  $T$ .

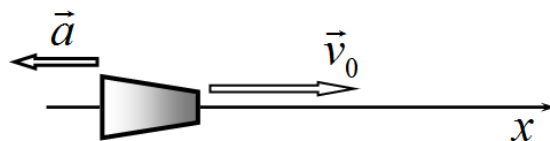
Удобно ввести собственную систему единиц измерения, выбрав в качестве основных единиц: единицу скорости  $u$  и единицу времени  $T$ .

### Часть 1. Знакомство с новой системой единиц измерения.

1.1 Что является единицей длины во введенной системе?

1.2 Что является единицей ускорения в этой системе единиц?

1.3 Пусть корабль движется вдоль прямой линии со скоростью  $v_0 = 2u$  и в момент времени  $t = 0$  включает двигатель, сообщаящий кораблю ускорение, направленное в сторону противоположную вектору начальной скорости. Запишите закон движения корабля в используемой системе единиц. Совместим начало отсчета с положением корабля в момент времени  $t = 0$ .



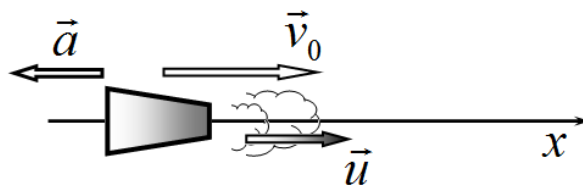
*Если Вам не нравится эта система – решайте далее в обычной системе (пишите многочисленные  $u, T, a_0$  и т.д.)*

### Часть 2. Открытый космос.

Пусть корабль движется так, как описано в п.1.3

Корабль включает дымовую пушку, направленную в сторону его начальной скорости.

Ваша задача – описать дымовой шлейф, выпущенный кораблем.



2.1 Чему будет равна длина шлейфа в момент времени, когда корабль вернется в исходную точку?

Для того, что бы описать концентрацию дыма в шлейфе, можно воспользоваться следующим приемом.

2.2 Запишите функцию  $X(t, \tau)$  - координату частицы дыма в момент времени  $t$ , если эта частица была выпущена в момент времени  $\tau$ .

2.3 Как зная функцию  $X(t, \tau)$  найти распределение концентрации дыма в шлейфе в момент времени  $t$ ? Укажите те точки, в которых концентрация равна  $c_0$ .

*Эта процедура простая, но громоздкая, поэтому в дальнейшем ограничимся качественным (но правильным) описанием распределения частиц дыма в шлейфе.*

2.4 Постройте схематический<sup>1</sup> график функции  $X(t, \tau)$  в момент времени, когда корабль вернулся в исходную точку и через время  $2T$  после этого.

2.5 Нарисуйте схематический график распределения концентрации частиц дыма в эти два момента времени.

2.6 Выполните пункты 2.1, 2.3, 2.4, 2.5 этой части, в том случае когда корабль выпускает дым в противоположную сторону. Расчет проведите только для момента времени, когда корабль вернулся в исходную точку

### Часть 3. На новой планете.

После прибытия на вновь открытую планету (к сожалению, для жителей, и к счастью для вас атмосферы на планете нет), аргонавты вселенной (те что прилетели на этом корабле) решили отметить свое прибытие дымовым украшением планеты. Ускорение свободного падения на этой планете в два раза меньше ускорения ракеты. Считайте его постоянным и по модулю и по направлению.

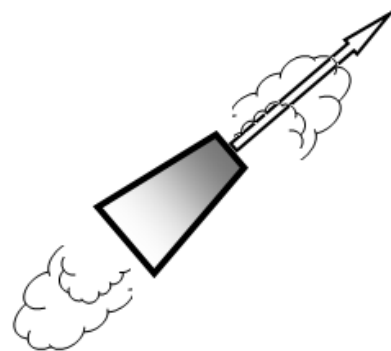
После того, как корабль набрал большую высоту, он стал двигаться постоянной скоростью  $2u$  по прямой, направленной под углом  $45^\circ$  к горизонту.

Праздновать, так праздновать решил капитан и включил две дымовые пушки – на носу и на корме корабля.

3.1 Считая дымовой шлейф узкой полоской, нарисуйте схематически его форму через время  $3T$  после включения дымовых пушек. Опишите использованную вами процедуру расчета этой формы.

Для однозначного толкования введите систему координат и опишите форму следа на языке функций (например,  $y(x)$ , или любым иным однозначным образом).

На этом же рисунке укажите траекторию корабля.



<sup>1</sup> Схематический график означает, что точно все его точки рассчитывать не надо. Но обязательно надо указать все его существенные особенности: крайние точки, точки экстремумов и разрывов, также следует посчитать значения в трех-четырех точках внутри рассматриваемого интервала.