**Задачи (Осин)**

**После названия задачи иногда курсивом дается комментарий**

**Новая система единиц (область-11)**

Предположим, что мы изменили систему единиц, и в новой системе единицами измерений выбраны *ħ*, *m*, *e* и *ε*0. Здесь *ħ* = *h*/2π = 1,05⋅10-34 Дж⋅с – постоянная Планка, *m* = 9,31⋅10-31 кг – масса электрона, *e* = 1,6⋅10-19 Кл – элементарный заряд, *ε*0 = 8,85⋅10-12 Кл2⋅м-2⋅Н-1 – электрическая постоянная. Найдите в новой системе:

- длину одного метра,

- скорость света,

- скольким электрон-вольтам равна новая единица энергии.

**Решение.**

Отсюда единица длины равна 1 метр равен 2,4⋅1011 единиц длины. Единица скорости равна Скорость света равна 10,9 единиц скорости.

Единица энергии равна В.

**Ответы:** 2,4⋅1011 единиц, 10,9 единиц, 4300.

**Самая рациональная система единиц (область-10)**

***Массу, длину и время можно измерять в одних единицах!***

В новой рациональной системе единиц следующие фундаментальные константы равны единице (и поэтому являются безразмерными): отношение гравитационной и инертной масс любого тела, гравитационная постоянная *G* и скорость света.

Покажите, что в этой системе единиц масса, длина и время имеют одинаковую размерность. Пусть в качестве этой единицы измерений выбран сантиметр. Найдите, скольким сантиметрам соответствует время, равное 1 секунде; масса, равная 1 грамму.

**Решение.** Т.к. скорость света равна единице, то 1 секунда соответствует 3⋅1010 см.

Так как

**Ответы:** 3⋅1010 см, 7,4⋅10-29 см.

**Падают шарики**

***Псевдоэкспериментальная задача на размерности***

В серии экспериментов измерялась установившаяся скорость шарообразных тел, падающих в вязких жидкостях.

А) Шар из алюминия (плотность 2,7 г/см3) в изопропиловом спирте (плотность 0,80 г/см3, динамическая вязкость 4,50 г⋅м-1с-1):

Диаметр шара, мм 1,5 3,0 6,0 12,0

Установившаяся скорость м/с 0,167 0,33 0,58 0,88

Б) Шар из стали (плотность 7,83 г/см3) в оливковом масле (плотность 0,93 г/см3, динамическая вязкость 99 г⋅м-1с-1):

Диаметр шара, мм 1,5 3,0 6,0 12,0

Установившаяся скорость м/с 0,167 0,33 0,58 0,88

Изучив приведенные результаты, с помощью анализа размерностей рассчитайте установившуюся скорость шарообразной градины (плотность 0,90 г/см3) диаметром 2 мм в воздухе (плотность 1,3 кг/м3, динамическая вязкость 17 мг⋅м-1с-1).

Примечание 1: в данных экспериментах закон Стокса не выполняется.

Примечание 2: Динамическая вязкость *μ* входит в качестве коэффициента пропорциональности в закон трения Ньютона: . Здесь *τ* - касательное напряжение в Па, *Vx* – касательная компонента скорости потока, *y* – перпендикулярная координата. Кинематическая вязкость *ν* = *μ*/*ρ*, м2/с (*ρ* - плотность).

Ответ: 5,94 м/с.

**Измерения из размерностей**

***Псевдоэкспериментальная задача на размерности***

В экспериментах Харкинса и Брауна измерялись массы капель жидкости, падающих с конца пипетки. В приведенных ниже результатах *ρ* - плотность жидкости в г/см3 , *σ* - коэффициент поверхностного натяжения в мН/м.

Для воды (*ρ* = 0,998, *σ* = 72,80)

Радиус пипетки, мм Масса капли, мг

 2,305 68,0

 3,502 98,7

 3,997 111,6

Для бензола (*ρ* = 0,880, *σ* = 28,88)

Радиус пипетки, мм Масса капли, мг

 1,972 22,41

 2,305 25,78

 2,680 29,74

Еще в одном эксперименте было установлено, что капли эфира (*ρ* = 0,714), падающие из пипетки радиусом 1,800 мм, имеют массу 11,95 мг. Предполагая, что гравитация во всех экспериментах не изменялась, с помощью анализа размерностей определите коэффициент поверхностного натяжения эфира.

Ответ: 16,95 мН/м.

**Время жизни Вселенной в древней Индии (один день Брахмы) (область-7)**

***В 7 классе далеко не у всех получается правильный ответ***

Ниже приведены некоторые единицы времени, которые применялись в древней Индии.

1 Калп (один день Брахмы) = 14 махавантар; 1 махавантар = 71 маха юг; 1 маха юг = 12000 лет дивайн; 1 год дивайн = 360 дней дивайн; 1 день дивайн = 1 наш год. В конце дня Брахмы Вселенная гибнет и рождается вновь. Во сколько раз ошибались древние индийцы, оценивая время жизни Вселенной по сравнению с современными воззрениями (13,2 миллиарда лет)?

**Решение и разбалловка**

1 год дивайн = 360 наших лет 2 балла

1 маха юг = 4 320 000 наших лет 2 балла

1 махавантар = 306 720 000 наших лет 2 балла

1 день Брахмы = 4 294 080 000 наших лет ≈ 4,3 миллиарда наших лет 2 балла

Ответ: Индийцы ошибались в 3 раза. 2 балла

**Гран-при Валенсии (область-8, автор: М. Меняйлов)**

***Задача для очень пунктуальных***

В гран-при Валенсии, состоящем из 57 одинаковых кругов, чемпионата Формулы-1 самым быстрым оказался Себастьян Феттель, показавший лучшее время круга 1 мин 42,000 сек. Во время гонки он два раза заезжал на питстоп для смены покрышек: после 18ого круга и после 37ого. Питстопы длились по 11.493 с. Он начинал гонку на покрышках из сверхмягкого типа резины, после первого питстопа ему поставили мягкий тип, после второго он вернулся на сверхмягкий тип. Наименьшее время было показано на сверхмягком типе (40й круг). Мягкий тип на 2% медленнее сверхмягкого. Первые два круга после смены покрышек они прогреваются, и поэтому время первого круга после смены больше минимального на 5%, а второго – больше минимального на 2,5% для каждого типа резины. После идет максимальное время круга для данного типа. Так как резина начинает стираться, то время каждого последующего круга увеличивается на 0,300 с относительно предыдущего круга для каждого типа. Стартует Себастьян на прогретых покрышках, на которых он проехал до этого в квалификации 5 кругов – для квалификации все вышеперечисленные соотношения верны. Найти время (в виде ч. мин. сек.), показанное Феттелем в гонке.

Примечания: Считать, что:

1) Соперники на трассе на время Себастьяна никак не влияют;

2) Заезд на питстоп происходит после завершение круга, а выезд – перед началом следующего.

3) Время круга зависит только от состояния покрышек.

4) Каждый раз ставятся разные комплекты покрышек – на втором питстопе ставятся не те покрышки, что стояли на старте.

**Решение**

Переведем время самого быстрого круга в секунды и будем считать время гонки в секундах, а перевод произведем в конце. То есть время самого быстрого круга 102 сек.

а) Расчет времени на трассе до первого питстопа t1ч.

Так как в квалификации он проехал 5 кругов, то два были прогревочными, один самый быстрый – 102 сек., дальше же началось падение скорости. Значит первый круг гонки – является 6 кругом на стартовом комплекте. Время его t1=102+0,3⋅3=102,9 сек. Дальше, по условию, время каждого круга становится на 0,3 сек. медленнее. Расчет времени на трассе до первого питстопа можно произвести двумя способами

1)Времена кругов составляют арифметическую прогрессию с шагом 0,3 сек и количеством членов 18. Т.е полное время на трассе до первого питстопа (1ой части гонки) вот возможные формулы ;

 где t18=t1+0,3\*17=108 сек.

2)Можно выписать все 18 времен и сложить их и получить t1ч.

Получается t1ч=1898,1с;

б) Расчет времени на трассе между первым и вторым питстопом t2ч.

Время самого быстрого круга на втором этапе, так как на мягкой резине болид на 2% медленнее, будет t2быстр=tбыстр⋅1,02=102⋅1,02=104,04 сек. Так как первые два круга после питстопа - прогревочные, то t19=t2быстр⋅1,05=109,242 сек ; t20=t2быстр⋅1,025=106,641 сек.

Самым быстрым дл второго этапа оказался 21 круг t21=t2быстр=104,04 сек. Дальше суммировать время можно двумя способами, описанными выше. Складываются времена кругов с 21 по 37 (17 кругов).

;

 где t37=t21+0,3\*16=108,84 сек. Второй способ не рассматриваем.

t21-37=1809,48 сек.

t2ч=t19+t20+t21-37=109,242+106,641+1809,48=2025,363 сек.

в) Расчет времени на трассе между вторым питстопом и финишем t3ч.

Как и в б) рассчитываем времена прогревочных кругов t38=tбыстр⋅1,05=107,1 сек; t39= tбыстр⋅1,025=104,55 сек. (t3быстр= tбыстр= t40 – результат был показан на сверхмягкой резине). С 40 по 57 круг (18 кругов в сумме) действуем аналогичным способом, что в а) и б).

;

 где t57=t40+0,3⋅17=107,1 сек. Второй способ опять же не рассматриваем.

t40-57=1881,9 сек.

t3ч=t38+t39+t40-57=107,1+104,55+1881,9=2093,55 сек.

Время гонки складывается из времен на всех трех этапах и времени, проведенного на питстопах, данное в условие tп=11,493 сек.

tгонки= t1ч+ tп+ t2ч+ tп+ t3ч=1898,1+2025,363+2093,55+2⋅11,493=6039,999 сек =100 мин 39,999 сек=1 час 40 мин 39,999 сек.

Ответ: 1 час 40 мин 39,999 сек.

**Разбалловка**

Выведено время первого круга гонки 1 балл

Найдено время первого этапа 2 балла

Найдено время прогревочных кругов второго этапа 1 балл

Найдено время с 21 по 37 круг 1 балл

Найдено время второго этапа 1 балл

Найдено время прогревочных кругов третьего этапа 1 балл

Найдено время с 40 по 57 круг 1 балл

Найдено время третьего этапа 1 балл

Выписан правильный ответ с учетом питстопов 1 балл

**Постоянная Хаббла (область-11)**

***Псевдоэкспериментальная задача***

Известно, что в спектрах галактик линии всех химических элементов смещены в красную сторону. Мерой этого красного смещения является величина z, определяемая по формуле*:* z *= (*λ'*-*λ0*)/*λ0, где λ0 — длина световой волны, характерная для данного элемента и λ' — длина волны, которую регистрирует земной наблюдатель. Смещение в спектрах галактик объясняется эффектом Доплера, согласно которому чем быстрее удаляется от нас какой-либо объект, тем больше величина красного смещения. Если скорость v удаления объекта много меньше скорости света c, то связь между v и z следующая: v=cz. В 1929 году американский астроном [Э. Хаббл](http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap980621.html) установил, что скорость v любой галактики пропорциональна расстоянию r от нее: v=Hr, где H — коэффициент пропорциональности, называемый постоянной Хаббла.

Расстояния до галактик измеряют в мегапарсеках. Парсек, единица расстояния в астрономии, равная 3,2616 светового года (скорость света c составляет 300 тысяч километров в секунду).

В таблице приведены расстояния до некоторых галактик в мегапарсеках Мпк, а также величины их красных смещений z. Погрешности измерений расстояния указаны в таблице. Разрешение спектрального прибора, измеряющего смещение длины волны (λ'-λ0), определяемое формулой R = λ0*/*(λ'-λ0) составляет около 200.

**Определить** постоянную Хаббла в с-1.

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расстояние, Мпк | 149±12 | 239±20 | 274±30 | 320±20 | 370±29 | 342±24 | 331±19 | 401±24 | 462±17 | 573±35 |
| Красное смещение | 0,0327 | 0,0453 | 0,0500 | 0,0630 | 0,0703 | 0,0760 | 0.0800 | 0,0880 | 0,0101 | 0,1253 |

 **Аватар (область-9)**

***Задачу можно сильно упростить, если расстояние отсчитывать от точки бросания (вниз) и время отсчитывать от момента бросания***

Грейс (руководитель группы ученых на планете Пандора) измеряет ускорение силы тяжести на планете, для чего регистрирует моменты времени *t*i, в которые шарик, падающий с некоторой высоты без начальной скорости, проходит точки, находящиеся на высотах *h*i от пола лаборатории. Секундомер включается в момент пролета первой контрольной точки (т.е. в этот момент *t*1=0). Погрешность измерения высоты ± 1 см, погрешность измерения времени ± 0,1 с.

Определите по этим данным ускорение силы тяжести на планете Пандора и высоту, с которой падал шарик. Влиянием сопротивления атмосферы (разреженной) и влиянием залежей анобтаниума (сверхпроводника) пренебречь.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *i* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| *t*i, с | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| *h*i, см | 624 | 580 | 531 | 478 | 424 | 366 | 302 | 236 | 167 | 94 | 16 |

**Возможное решение**

Обозначим *a* – ускорение силы тяжести на Пандоре

 *h* – высота, с которой падал шарик

 *V*0 – скорость шарика в момент пролета первой точки, *V*02 = 2*a*(*h*-*h*1)

 Δ*h*i = *h*i – *h*i+1

Тогда *h*i = *h*1 – *V*0*t*i – *at*i2/2.

Учитывая, что *t*i = 0,1⋅(i-1), получаем Δ*h*i = 0,1*V*0 + 0,005*a*⋅(2i+1)

Строим график Δ*h*i от i. Тангенс угла наклона равен 0,01*a*, точка пересечения с осью ординат (i=1) равна 0,1*V*0 + 0,015*a*. Из *V*0 определяем *h*.

Ответ: *a* ≈ 3,6 м/с2; *h* ≈ 8 м.

**Так поступают супергерои (область-9)**

В одном из западных боевиков главный герой (девушка!) была вынуждена выпрыгнуть (без начальной скорости) из окна, находящегося на высоте 10 метров от земли. Чтобы смягчить удар при приземлении, она непрерывно стреляла вниз из автомата (конечно же, Калашникова). На сколько процентов ей удалось уменьшить свою скорость при ударе о землю? Масса девушки с автоматом 60 кг. Сопротивление воздуха не учитывать.

Характеристики АК-108 (несекретно, см. [kalashnikov.guns.ru](http://kalashnikov.guns.ru/)): масса пули – 7,9 г, скорострельность – 900 выстрелов в минуту, начальная скорость пули – 900 метров в секунду.

**Решение**  ≈ 0,904. Ответ: на 10,6%.

**Куда летит спутник? (город-10)**

Наблюдатель, находящийся на экваторе, засек спутник, летящий на постоянной высоте 200 км в направлении строго на север. На каком расстоянии от северного полюса пролетит спутник?

**Решение** Скорость наблюдателя

Смещение

**Рельсотрон (финал-11)**

***Знать про интегралы не обязательно***

В электромагнитной пушке снаряд, представляющий собой проводящее тело массой *m* = 100 г, разгоняется с помощью силы Ампера, создаваемой током разряда конденсатора емкостью *С* = 0,5 Ф, заряженного до напряжения *U*0 = 2⋅104 В, при замыкании цепи разряда на два достаточно длинных проводника (рельсотрон) с погонной индуктивностью *L*0 = 3⋅10-5 Гн/м. Суммарное сопротивление контура *R* = 0,5 Ом. Пренебрегая омическими потерями в снаряде, найти предельно возможную скорость снаряда.

*R*

*C*

*m*

*K*

*L0*

*L0*

**Решение**

 (1)

Умножаем на *I*:

 (2)

Из (1) и (2), учитывая, что

Отсюда .

Решая первое уравнение (квадратное относительно *V*max): *V*max ≈ 26 км/с.

**Чтобы не пробилось**

В схеме, показанной на рисунке, один конденсатор заряжен до напряжения *U*0. В момент времени *t* = 0 ключ *К* замыкается. На какое пробивное напряжение должны быть рассчитаны конденсаторы?

**Электронный клей (финал-11)**

На тонкую непроводящую пленку нанесен заряд с равномерной поверхностной плотностью σ Кл/м2. Пленка покрыта очень тонким слоем изолятора и прислонена снизу к полупространству из диэлектрика с ε = 3. Толщина пленки h = 1 мм, массовая плотность ρ = 1 г/см3. Какова должна быть величина σ, чтобы пленка не отставала от поверхности диэлектрика под действием силы тяжести? Какой должна быть величина σ, если полупространство будет проводящим?

## Решение

Обозначим:

*Е*1 – напряженность электрического поля в диэлектрике (направлена вверх),

*Е*2 – напряженность электрического поля в изоляторе (между диэлектриком и пленкой, направлена вверх),

*Е*3 – напряженность электрического поля под пленкой (направлена вниз),

σ′ - поверхностную плотность поляризационных зарядов на поверхности диэлектрика (< 0).

Тогда:

; .

Отсюда:

.

Давление, действующее на пленку (сила притяжения, действующая на единицу площади):

.

Проводящее пространство соответствует .

Ответ: ; .

**Экономим энергию (область-9)**

***Задача из Дании***

На графике приведена зависимость удельного потребления человеком кислорода (в ) в зависимости от скорости передвижения в км/час (шагом и бегом, на единицу массы человека). Известно, что в результате потребления 1 см3 кислорода выделяется 20 Дж энергии (метаболизм). Определите затраты энергии человеком с массой 60 кг на преодоление расстояния в 1 км при скорости а) 5 км/час и б) 15 км/час. Найдите, при какой скорости (из всего диапазона) затраты энергии на преодоление 1 км минимальны?

**Две линзы (финал-11)**

***Есть трудоемкое решение. Можно упростить, если оставить одну линзу***

Две одинаковые собирающие линзы расположены на некотором расстоянии друг от друга так, что их оптические оси совпадают. Измеряют положение объекта и его действительного изображения. Расстояния измерены в противоположные стороны от некоторой точки. Определите фокусные расстояния линз и расстояние между ними.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расстояние до объекта, см | 18,1 | 19,4 | 21,2 | 22,7 | 24,7 | 25,9 | 27,1 | 29,8 | 33,8 |
| Расстояние до изображения, см | 46,2 | 42,3 | 38,4 | 35,9 | 33,3 | 32,1 | 31,0 | 29,1 | 27,0 |

Ответ: 22 см; 14см.

**Дырявое ведро**

Ведро массы *m* поднимается вертикально вверх с помощью веревки, к которой приложена постоянная сила *F*. Первоначально в ведре находится вода массой *m*0, которая выливается с постоянным расходом (кг/с), так, что через время *t* ведро становится пустым. При этом оно не достигает верхнего края колодца. Чему равна скорость ведра в тот момент, когда оно оказалось пустым?

Ответ:

**Осторожно на лестнице!**

Легкая лестница длиной *l* стоит на полу и прислонена к вертикальной стене. Коэффициент трения с полом и стеной равен µ. Лестница образует угол α с вертикалью. На какую максимальную длину (отсчитываемую вдоль лестницы от ее нижней точки) может человек забраться по лестнице, чтобы не началось проскальзывание?

Ответ:

**Зеркало из ртути**

Сосуд с ртутью вращается вокруг вертикальной оси. При какой угловой скорости вращения поверхность ртути будет образовывать параболическое зеркало с фокусным расстоянием 1 м?

Ответ: 3,13 рад/с.

**Движение вниз**

***Есть простое решение***

Угол наклона наклонной плоскости *α* и коэффициент трения *µ* связаны соотношением *µ* = *tgα*. Телу, находящемуся на наклонной плоскости, сообщили горизонтальную скорость *V*0, направленную вдоль плоскости. Какой станет скорость тела через достаточно большое время?

Ответ: *V*0/2.

**Отрыв от пружины**

Тело массы *m*, лежащее на горизонтальной плоскости с коэффициентом трения *µ*, прижали к горизонтальной пружине жесткости *k* с закрепленным противоположным концом, сжали на величину Δ*L* и отпустили с нулевой начальной скоростью. Постройте график зависимости пути, пройденного телом до остановки, в зависимости от величины коэффициента трения µ. Тело не прикреплено к пружине.

Ответ: 3 случая в зависимости от µ: 1) *k*Δ*L* ≤ *µmg*: тело останется на месте; 2) *µmg* < *k*Δ*L* ≤ 2*µmg*: тело остановится, не оторвавшись от пружины; 3) *k*Δ*L* > 2*µmg*: тело остановится после отрыва от пружины.

**Вместе веселее**

Невесомая нерастяжимая нить длиной 2*l* соединяет два одинаковых груза с массой *m* каждый, лежащих на гладкой горизонтальной поверхности. К середине нити приложена постоянная горизонтальная сила *F*, направленная перпендикулярно нити. Какое количество энергии перейдет в тепло при абсолютно неупругом соударении грузов (они слипаются)? Рассмотрите также случай, когда грузов нет, а нить однородна и имеет массу 2*m*.

Ответ: *Fl*. Обосновать непросто, но можно. Есть 2 решения.

**Под градом ударов**

***Можно бросать не мячи, а снежки***

Автомобиль массой *M* покоится на горизонтальной поверхности, по которой может двигаться без трения. В заднюю вертикальную стенку автомобиля бросают горизонтально мячики со скоростью *u* относительно земли и массой *σ* в единицу времени (*σ* измеряется в кг/с). Найдите зависимости скорости автомобиля и пройденного автомобилем пути как функции времени. Рассмотрите два случая: 1) удары мячей о стенку автомобиля абсолютно упругие; 2) окно в задней стенке открыто, и мячики остаются в автомобиле.

Ответ: 1) ; ; 2) ; .

**Два груза на блоке (область-9)**

Два груза с массами *m*1 и *m*2 (*m*1 > *m*2) покоятся на горизонтальной плоскости и соединены невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок. Концы нити, подсоединенные к грузам, вертикальны. К блоку прикладывают силу *F*, направленную вертикально вверх (*F* > (*m*1+*m*2)*g*). Построить графики зависимости ускорений и скоростей грузов от времени.

Ответ: на графиках может быть два диапазона: поднимается *m*2; поднимаются оба груза.

**Расстрел астероида (область-9)**

Космическому кораблю необходимо расстрелять астероид. Скорость корабля *V* в момент пуска ракеты направлена по линии, соединяющей корабль и астероид. Скорость астероида в этот момент равна 2*V* и направлена под углом 60° к линии, соединяющей корабль и астероид прочь от корабля. Ускорение ракеты равно *a*. За какое время ракета сможет поразить цель, если в момент пуска расстояние между кораблем и астероидом равно *L* (ракета движется по прямой линии)?

Ответ: . В системе отсчета корабля астероид движется перпендикулярно направлению движения корабля.

**Магнитная бутылка (область-11)**

Конфигурация магнитного поля вблизи полюсов Земли имеет вид «магнитной бутылки», где *В*1 и *В*2 – однородные магнитные поля. Тонкое кольцо массы *m* и радиуса *а* равномерно заряжено зарядом *Q*0+. Какую минимальную начальную скорость *V*0 нужно сообщить кольцу в поле*В*2, чтобы оно могло выйти через «горлышко» в поле *В*1 > *В*2? Ось кольца всегда совпадает с осью «магнитной бутылки». Индуктивностью кольца пренебречь.

## Решение

ЭДС в кольце:

 (1)

Здесь *E* – напряженность вихревого электрического поля в кольце.

Кольцо вращается с линейной скоростью *V*ϕ. Уравнение вращения:

 (2)

Таким образом, кольцо представляет собой круговой ток:

 (3)

Объединяя (1), (2) и (3), получаем:



или:



Кольцо, перейдя в поле *B*1, вращается с постоянной скоростью . Соответствующий ток:



Закон сохранения энергии:



Отсюда получаем:

.

Ответ: .

**Примечание.** Задачу можно решить с учетом индуктивности кольца *L*. Решение получается сложнее. Ответ в этом случае:

 .

**Назад пути нет**

Наклонная плоскость имеет угол *α* с основанием. Коэффициент трения μ выражается формулой *μ = kx*, где *x* – координата вдоль наклонной плоскости, отсчитываемая от ее нижней точки, *k* – коэффициент. Телу, находящемуся в точке *x* = 0, сообщают скорость *v*0, направленную вдоль плоскости вверх. При какой минимальной скорости *v*0 тело не вернется в исходную точку?