1.2. Задания с развернутым ответом

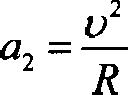
*Возможное решение.*

Ускорение на прямолинейном участке определяется по фор-

муле *а, ——— ,* где u — скорость в точке В, а / — время движе-

\*1

ния по прямолинейному участку. Ускорение при движении по дуге окружности есть центростремительное ускорение и опре-

деляется по формуле , где Л — радиус полуокружно-

сти. С учетом того, что u = , получим



*a 2* — . Прирав-

'2

нивая выражения для

\_ooп ускорении, получим — =

'1 '2

, откуда для

искомого отношения имеем — п .

*Ответ: '—2 —- п .*



2. *Ответ:* 2

t, 2

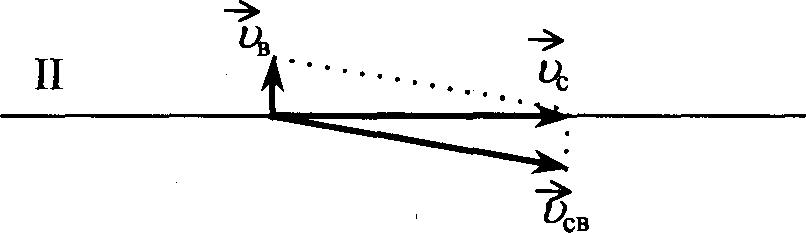
*Возможное решение.*

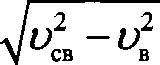
Уравнение движения для перелета в первом случае: *s —- u„t, ,*

где u„ — скорость самолета относятельно воздуха.

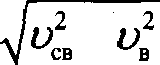


Закон сложения скоростей в векторном виде для перелета во время ветра: й, = й„ + й, , гдей — скорость самолета относи- тельно Земли, й, — скорость ветра.



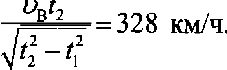
Выражение для скорости самолета относительно Земли во втором случае имеет вид: uc = 

Тогда уравнение движения для перелета во втором случае:

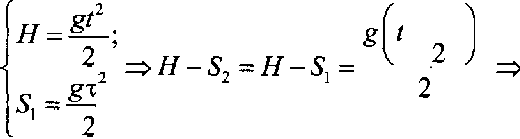
Следовательно, u„/, = - i , Отсюда: u, =



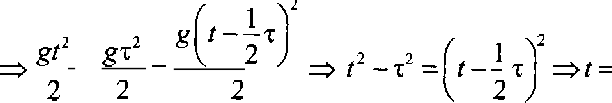
*Ответ:* u, = 72 км/ч — 20 м/с .

1. *Ответ:* \*св' 
2. *Возможное решение.*

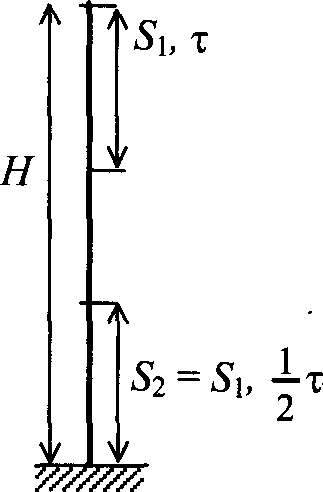
Если i — полное время падения с высоты *Н,* то

2

1

5т

4



*Ответ t =* 1,25 с.

1. *Возможное решение.*

Если ї — полное время падения с высоты *Н,* то

#### 2

##### *g!’*

2

*Н —’2 ' Н - nS, =*

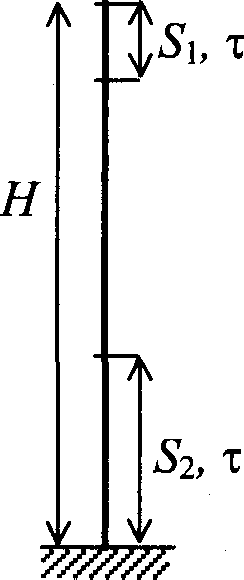
g(f *— z )2*



#### 2

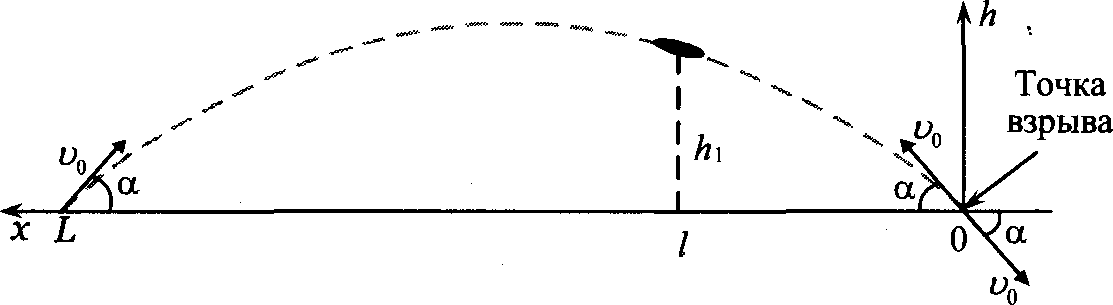


2 2 2 2



*Ответ: t ——* 3 с.

1. *Возможное решение.*



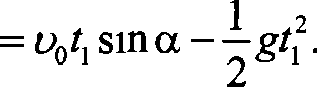
При отсутствии сопротивления воздуха траектория снаряда — парабола, и в точке падения на Землю снаряд должен иметь ту

ЖЕ ПО МОД ЛЮ GKO]ЭOGTb фр , GОGТ£tВЈІЯЮІЦ)ЧО G ГО]ЭИЗОНТБЈІЬЮ ТОТ

же угол о, что и в точке вылета. Поэтому если из точки взрыва выпустить воображаемый снаряд обратно со скоростью u, , направленной под углом в к горизонту, то он полетит по той

же траектории и упадет на пушку (см. рис.).

Проведем горизонтальную ось *Ох с* началом в точке взрыва, направленную к пувіке. На этой оси координата точки, где снаряд был обнаружен, f = 1700 м, а по вертикальной оси ее координата *h —- h .* Время полета до этой точки i = 3 с. Со- гласно формулам кинематики имеем:

 (2)

Из уравнения (1) находим: u, = . Подставив это вьгра-

Ij **GOS** О

жение в уравнение

Ј \_ f sin п *g* 2 ftgn — 1

(2),

получаем:

ь cosn 2 2

#### 1

Отсюда: tg п = 2 *g'* \_ 1655 + 5 .9 = 1 ; о = 45°.

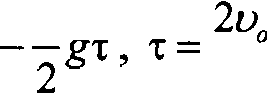
f 1700

Время т полета снаряда находим из уравнения

*h* = u,Isin п — i

2*g*

При i = т /t ——0.

Следовательно, 0 = u, sin п 1

*Ответ:* т 113 с.

Sin п \_ 2 f - 113 с.

g g'

8. *Ответ: z ——* 2 ' Sin п \_ 2 - 800 - 114 с;

*g* 102

1. *Возможное решение* (рисунок не обязателен). Уравнения движения віарика имеют вид:

#### - cosn i

2 2

В момент второго соударения шарика с плоскостью х = S,

#### S = u, sin п › +*g*

sin D. ?2

#### 2

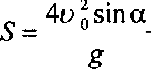
0 = u, cos -п

. +*g*  cos п- i'

## 2

(2)

Совместное решение (1) и (2) приводит к / = 2 ' и

*g*

2s 2 sin 2гі

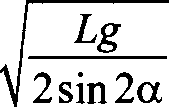
Ј = S cos п = ~~'~~ - 0,173 м.

*g*

*Ответ: L =-* 0,173 м.

1. *Ответ: и ——*

*gL*

2sin 2п

*--i 31c.*

1. *Возможное решение.*

Выбор системы координат: ось *х* направлена по прямой AB, ось у — вверх по наклонной плоскости перпендикулярно ли- нии AB (см. рис.).

Проекции вектора ускорения свободного падения *у; :*

*g ——* 0, *g,* —— *—g* sinn

Кинематика движения по наклонной плоскости эквивалентна кинематике движения тела, брошенного под углом § к гори- зонту, в поле тяжести с ускорением *g* sin п.

Запишем зависимости от времени I для проекций скорости те- ла и его радиуса-вектора на оси *х* и у (в известных уравнениях для тела, брошенного под углом § к горизонту, делается заме- на *g* --+ *g* sin п):

u, (/) = u, cos§; *х(/)* = u, cos-§ /;

u, (i) = u, sin § — *g* sinn- i; у(i) = u, sin§ › —*g *

#### 2

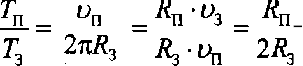
Условие = 0 позволяет найти время подъема, а затем мак- симальное удаление f от прямой AB на наклонной плоскости:

2gsinп = 0,3 м.

1. *Ответ: KB --* 2п$ Sin ЈЗcos ЈЗ \_ 2 р

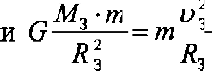
*gsin* о 5

1. *Возможное решение.*

*Т --* 2 , значит,

\*з

Спутники движутся по окружностям под действием силы тя- готения

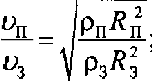
*—- т *

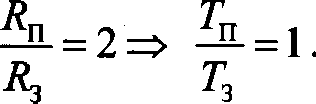
где *Mz, Mz* и *т —* соответственно, массы Плюка, Земли и спутника.

Отсюда Лр =

. Массы планет *Mg -- p-g*

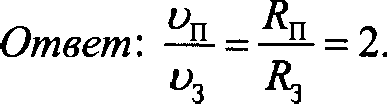
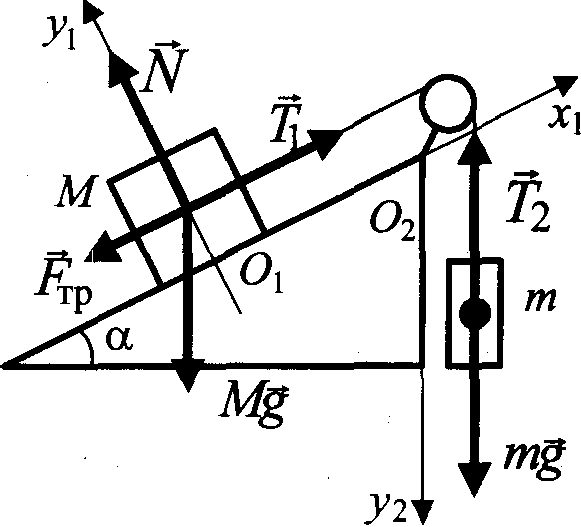
*Vp,*

М = s. \* ри этом Г ЛЗ. Следовательно, 

так как плотности равны, “‘ = 

*Ответ:т ° ——*1 .

*ТЗ*

1. 
2. *Возможное решение.*
   1. Если масса *т* достаточно велика, но грузы еще покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой *М,* направле- на вниз вдоль наклонной плоскости (см. рис.).
   2. Будем считать систему отсчета, связанную с наклонной плоскостью, инерщіальной. Запитем второй закон Ньютона для каждого из покояіцихся тел в проекциях на оси введенной системы координат:

*х,* : 7—'

*Mgsinn* — fp = 0

: N — *Mgcosn* = 0

*s mg* —7' ——0

#### Учтем, что

7' = *Tz —-Т (ни:гъ* легкая, между блоком и нитью трения нет), fp й **;ъV** (сила трения покоя).

Тогда

*Т ——mg ,*

*Fq* ——*ntg* — *3‹fgsinn* ,

*N ——Mgcosa ,*

и мы приходим к неравенству

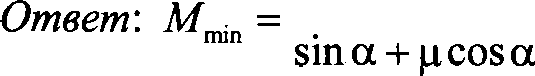
*mg* — *Mgsinn* й *yMgcosa*

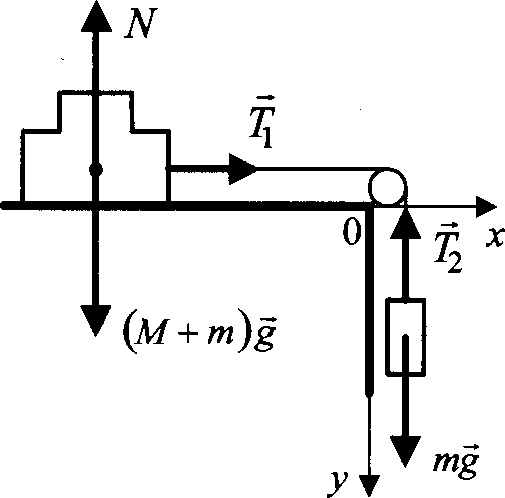
с решением

*т <* М(sinn + pcosn) . Таким образом,

шу = M(sinn + цcosn) = 0,76 кг.

*Ответ: mp ==* 0,76 кг.

16.  ~~—~~  < 1,49 кг.

1. *Возможное решение.*
   1. Пока грузы *М п т* движутся как одно целое, будем считать их одним телом *М+ т* сложной формы. На рисунке показаны внешние силы, действующие на это тело и на груз *mz*
   2. Будем считать систему от-

счета, связанную со столом, инерциальной. Запишем второй закон Ньютона для каждого из

тел в проекциях на оси *Ох н Оу* введенной системы координат:

*От* : (М + *m)a,* ——Г

*Оу : man ——mg - T*

Уптем, что

Г = *Ту ——Т* (нить легкая, скользит по блоку без трения),

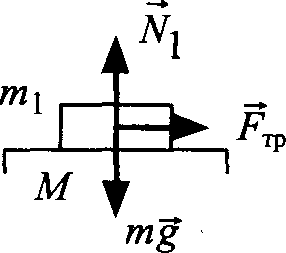
*at* = *а ——а* (нить нерастяжима), и сложим уравнения. Получим:

*(М + 2m) а —— mg ,* откуда *а —— g* m

*м* + 2m

* 1. Рассмотрим груз mi отдельно. Запншем для него второй за- кон Ньютона в проекциях на оси *От* и @ и учтем, что груз m покоится относительно груза *М:*

*От: та = Fq Оу: mg - No -* 0



Получим:

*та <* pN — *pmg* , откуда *а* m

Ревіая неравенство

= 0,4 кг.

m й р отностельно m, получим:

*М +* 2m

*Ответ: нрн т <* 0,4 кг.

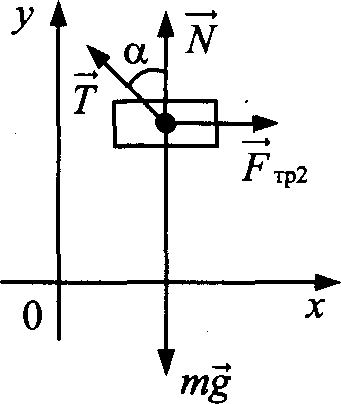
18. *Ответ: М* й 1 2p) = i,5 ...

*Возможное решение.*

1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инер- циальной. Относительно нее доска по условию движется no- ступательно с постоянной скоростью. Поэтому, в частности,

сумма горизонтальных сил f и fpi , приложенных к доске, равна нулю. Отсюда получаем: f = fp .

1. На рисунке справа показаны силы, приложенные к бруску. По третьему закону Ньютона fpi = —for , поэтому



#### По условию задачи брусок покоится, поэтому выполнено условие его равновесия относительно поступательного движе- ния. Запишем это условие в проекциях на оси системы коор- динат:

fp, — Z'sin п = 0,

N + ï'cos‹x — *mg* ——0.

1. Доска движется относительно стержня, поэтому

(2)

= М- (3)

1. Подставив (3) в (2), преобразуем систему уравнений (2) к



pN = ï'sin п,

*mg — N ——Т* cos‹x.

(4)

Поделив уравнения системы (4) одно на другое, получаем:

*mg — N*

Отсюда: *N -— mg* tg ‹х

#### Р + tg п

 *pmg* tgn \_ 0 2 1 10

' - 1,5 Н.



*Ответ: F=‘* 1,5 Н.

1. *Ответ: т* lкr.
2. *Возможное решение.*

#### На груз действуют сила натяжения нти *Т*

сила тяжести как указано

рисунке. В инерциальной системе отсчета, связаннои Землей, ускорение тела определяется вторым законом Ньютона, что приводит к уравнениям для проекции сил и ускорений на оси Они *ОУ:*

——Гsinn, 0 = *Т сона — mg.*

Здесь *а ——* — центростремительное ускорение.

Поскольку п = 60°,

ТО GOS О -

i , И ИЗ ВТО{ІОГО

уравнения

*Т -—* 2mg. Тогда из первого уравнения получим:

#### = 2gsin п , следовательно, u = ) 2g/sin 2n =

/ОД-

ставляя значения физических величин, получим t› = 1,5 м/с.

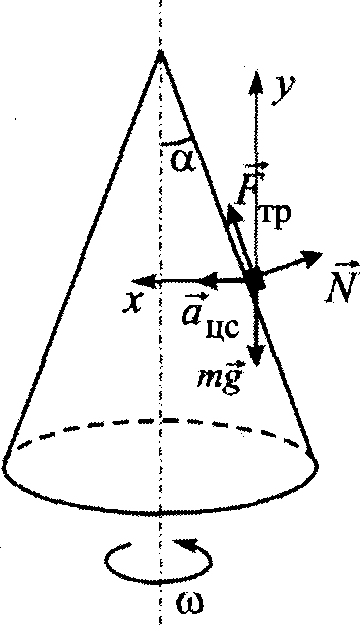
*Ответ: и ——* 1,5 м/с.

1. *Ответ:* = 0,8 м.
2. *Вожожное решение.*

#### В инеріріальной системе отсчета, связанной с Землей, запи-

шем уравнение движения шайбы в векторном виде:

*mg + N + F z —— та„ .*



В проекциях на оси *ОХ н ОУ* получим: fp sin п — *N* cos *а = ma„ ,*

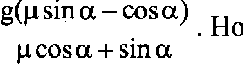
fp cosn + Gsin п — mg = 0.

Поскольку fp = fp„„,; fp qq = ;ъV , система уравнений при-

нимает вид

*N(ц* sin п — cosn) = *ma„ , N(ц* cosn + sinn) — mg = 0,

откуда

Следовательно,

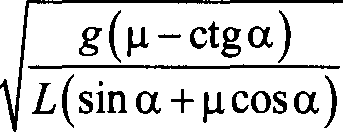
*а„* ——*ю2г* ——*ю2 L* sin о .

*L —— ар* g(gsin п — cosn) \_ g(ц — ctgn)

ю2 sin п ю2 (sin п + рcos п) sin п m2 (sin п + pcos п)

1. *Ответ: ш ——*

х(к — ts°)

*L(sin* о + цcoso)

1. *Вожожное решение.*

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землей. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Ap- химеда, действующая на шарик, уравновешивает действую- щую на него силу тяжести: р,\*.в + s \* в = st\*. + Г,)g (здесь Г и 32 — соответственно объемы шарика, находящиеся выше и ниже границьl раздела). Отсюда:

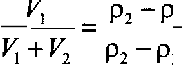
Доли объема шарика, находящиеся выше и ниже границы раз- дела жидкостей, связаны соотношением

1 \_(\_ 2 = 1.



Решая систему уравнений (1)--(2), получаем:

(2)



По условию задачи

 1

=-

i + z 4

ТАКЧТО Pz — 9 \_ 1

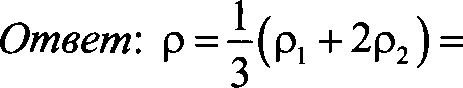
32 1 4

откуда

я-4(• + зя2)- 7

= 700 кг/мЗ.

*Ответ: р ——* 700 кг/м3.

26. = 2100 кг/м'.

1. *Возможное решение.*

С помовlью второго закона Ньютона выразим силу натяжения нити *T* до погружения системы в жидкость:

mg — *T* = 0. (1)

То же — для случая, когда система погружена в жидкость, с учетом силы Архимеда:

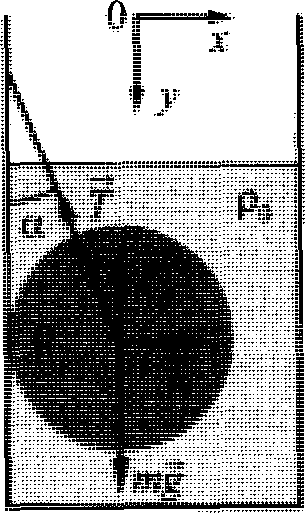
*mg — Tz — иVg ——* 0. (2)

Теперь с помощью уравнений (13 2) можно найти изменение силы натяжения нити: *bT ——* 72' — *T —— —рVg.*

*Ответ: bT —— —рVg.*

1. *Ответ: р ——bTlVg.*
2. *Возможное решение.*

Систему отсчета, связанную с Землей, считаем инерциальной. Запишем второй закон Ньютона: *Т + т + N + Г- --* 0.



Поскольку трение шара о стенку отсутствует, линия действия силы натяжения нити будет проходить через центр шара.

В проекциях на оси Oz и @ второй закон Ньютона запишем в

виде:

*Ох : N — Т* siп п = 0; 

@ : *mg* — 7'cosn — f, = 0. Объем шара Г =

(2)

Величина выталкивающей силы f, определяется по закону Архимеда:

где го — плотность воды.

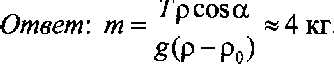
Вьшолняя математические преобразования с формулами (2) и (3), получим:

*т mg(р — pg)* -4 1-0 (11 300 —1000 - 42 Н.

'

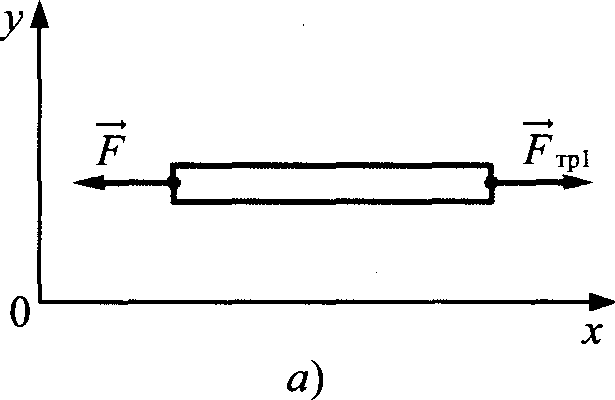
pcos п 11 300 0,866

*Ответ:* Г == 42 Н.

1. 

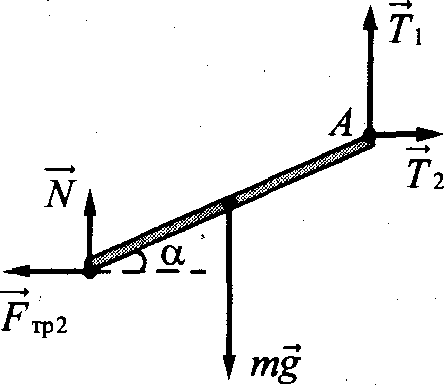
*Возможное решение.*

* 1. В инерциальной системе отсчета *Oxy,* связанной с Землей, доска движется поступательно с постоянной скоростью. По- этому сумма проекций на ось *Ох* всех сил, приложенных к доске, равна нулю (рис. *а)*



* 1. На рис. *6* показаны все силъі, приложенные к стержню. Силы реакции шарнира и доски представлены горизонталъньІми и вер- тикальными составляюідими: Т — Èi + *Tz н R - N + F'qz со -*

ственно. По третьему закону Ньютона fp - —\*, . поэтому



*6)*

* 1. По условию задачи стержень покоится, поэтому сумма мо- ментов сил, действующих на шар, относительно оси шарнира *А* равна нулю. Обозначив длину стержия через Ј, запитем это условие:

*mg* 2cosп — Jp 2£ siпп — *NLcos* п = 0. (2)

* 1. Доска движется относительно стержня, поэтому сила трения является силой трения скольжения
  2. Подставив (3) в (2), получим уравнение

*mg сон а —* 2;ьVsinn — 2Ncosn = 0 ,

позволяющее найти нормальную составляюіцую силы реакции

доски *N —— mg*

2(l + цtg п)

Отсюда: f =

*цmg \_* 0,-2 1 -10 = 0, 9 Н.

2(1+ ц tgn

)

2 1s 0,2 \*

*Ответ: F =-* 0,9 Н.

32. *Ответ: т* 2N(1+ ц tg п *•*

*йg*

*Возможное решение.*

Согласно закону сохранения механнческой энергии, имеем два равенства:

#### 2 2

*+ mgh ——* m 2

где ьЬ и *u* — скорости летящей пули соответственно на высо- те *h* и непосредственно перед мишенью.

Вся энергия подлетевшей к мишени пули потрачена на меха- ническую работу, так что ~~2~~  = *А.*

Решая полученную систему уравнений, находим массу пули:

2*gh*

*Ответ:* 5 г.

34. *Ответ: k* 2(Л *— mgh)* - 100 Н/м.

*Возможное решение.*

Изменение механической энерши шайбы равно работе силы трения:

 *ти* 0 \_

2 2

#### В точке В условием отрыва будет равенство центростреми- тельного ускорения величине нормальной составляющей yc- корения силы тяжести:

gcos‹x,=> *и* — *gЛ* cos‹х

Из (1) и (2) находим внешний радиус трубы Л:

(2)

А = *U* 0

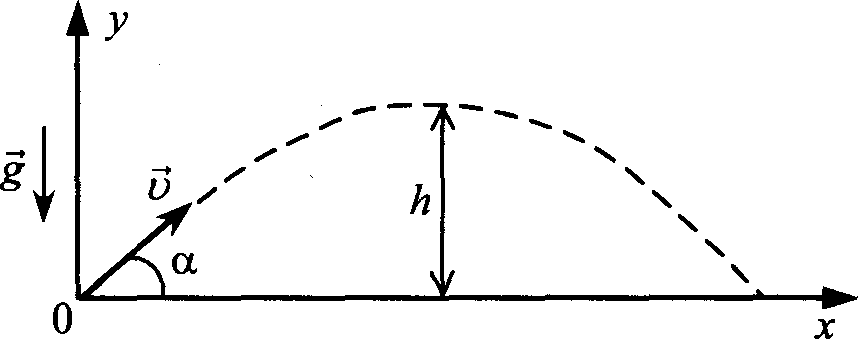
*gcos‹x*

— 2J(p + tg‹x) = 0,3 м.

*Ответ: R ==* 0,3 м.

*Ответ: L ==* 1 м.

##### *Вожожное решение.*



Модель гонщика — материальная точка. Считаем полет сво- бодным падением с начальной скоростью u, направленной под углом п к горизонту. Дальность полета при этом S = *utcos а,*

время полета i = 2Clsin п . Следовательно, S = 

*gg*

Модуль начальной скорости определяется из закона сохране-

L›2

ния энергии:

*——mgH,* так что *— =* 2H. Отсюда:

2 *g*

*S --* 2Jf sin 2n. Отсюда: дальность полета *S ——*Jf3.

*Ответ: S -— Н 3.*

1. *Ответ: h —— Н* sin2 n = —Jf.

4

*Возможное решение.*

* 1. Скорость шайбы u в точке В найдем из баланса энергии шайбы в точках А и В с учетом потерь на трение:

2 *—- mgH — bE.*

Отсюда: *и2 =* 2*gH —* 2

##### *m*

* 1. Определим время полета i шайбы из точки В в точку D из соотношения

*у* = -*usin* о

i — *gt 2* = 0, где *у —* вертикальная координата шай-

## 2

бы в системе отсчета с началом координат в точке В. Отсюда:

\_ 2usin п

*g*

* 1. Дальность полета BD определим, подставляя это значение i в выражение для горизонтальной координаты х шайбы в той

#### же системе отсчета: BD = *исон-а*



*t* = —sin2o.

*g*

* 1. Подставляя в выражение для BD значение , получаем:

BD = 2 *Н —*

*mg*

sin 2n. Отсюда: if = *mg Н -*

BD 2sin 2n

*Ответ: bE —— 2 .*

Допускается ответ Af = —2 Дж, если из текста решения следу-

#### ет, что речь идет об изменении механической энергии.

1. *Ответ: т ——* 2Afsin 2‹x = 0,05 кг.

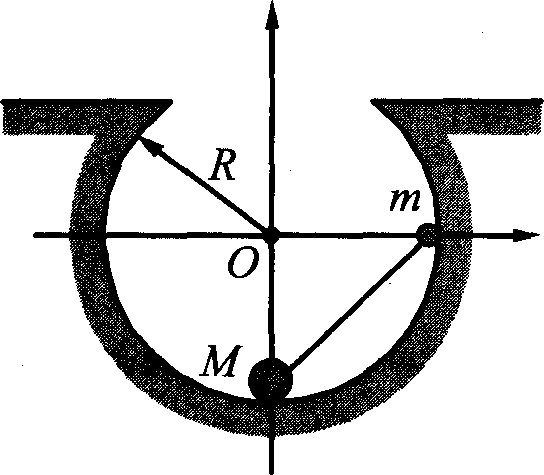
g(2Jf siп2‹x — BD)

1. *Возможное решение.*

Полная мехаиическая энергия системы, равная сумме кинети- ческой и потенциальной энергии, сохраняется, так как выемка сладкая и работа сил реакции стенок, в любой момент времени перпендикулярных скоростям шариков, равна нулю:

Л = Л„, + Л,р = const.

В начальньtй момент и момент подъема на максимальную вы- *сон Н* кинетическая энергия системы равна нулю, поэтому ее потенциальная энергия в эти моменты времени одинакова:

Л ач - *Е -•.*

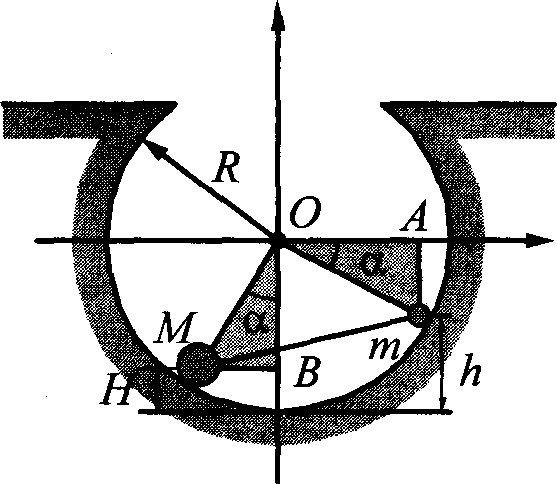


Рис. 2

Начальное положение системы изображено на рис. 1, а конеч- ное — на рис. 2.

Если отсчитывать потенциальную энергию от нижней точки выемки, то начальная потенциальная энергия системы Лј°( = mgЛ, а ее конечная потенциальная энергия

*Е‘„“” ——mgh + MgH.* Закон сохранения энергии приводит к Сравнению

mgЛ = *mgh + MgH, нз* которого следует, что (Л — *h) —— м Н.*

При движении гантели по поверхности выемки высота подъе- ма большого и малого грузов связаны. Заметил, что в прямо- угольных треугольниках *OmA* и *OMB MB ——тА —- R — h,*

*OA ——OB -- R - И, ОМ ——От -— R,* и воспользуемся теоремой Пифагора:

*(R — h) 2 R’ — (O A) 2* Л2 *(R - И) 2.*

Отсюда следует: (Л — fi)' ——*Н(2Л* — *И) .*

Подставим сюда выражение (Л — *h) —— М Н,* полученное из за-

*т*

кона сохранения энергии, и получим: Л =

#### 2

*М’*

*+ m2*

Подставляя сюда значения физических величин, получим: Л = 6(1 + 4)= 30 см.

*Ответ:* Л ——30 см.

1. *Ответ: м —-* 2 .

*т*

1. *Возможное решение.*

По закону сохранения энергии *Ep ——* ' *+ mgbsin* п, (1)

2

где Ли — энергия сжатой пружины, а ьЬ — скорость шарика в момент вылета из дула ружья.

Согласно формулам кинематики тела, брошенного под углом к горизонту, Ј = u icosn; i 20, sin О , где i — время полета.

*g*

Следовательно, расстояние Ј = u' sin 2п.

*g*

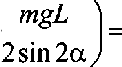
Из формулы (2) находим, что u )— *g <*

sin 2п

(2)

и, подставляя в (1),

получаем:

*b ——* 1 *Е —*

*mgsin* п

\_ 1 0,41 — 5 10 -' 1-0 1 0,5 м.

-5 10 -2

l0sin 30°

-2 sin 60°

*Ответ: b ==* 0,5 м.

1. Omaem: *Е ——mg*

+ Gsin п = 0,5 Дж.

2sin 2п

*Возможное решение.*

* 1. Внешние силы, действующие на систему тел «доска — шайба», направленьІ по вертикали и в сумме равны нулю. Им- пульс системы тел «доска — шайба» относительно Земли co- храняется: *ти -- (М + т)и,*

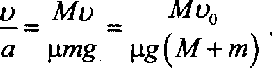
где u — скорость шайбы и доски после того, как шайба пере- стала скользть по доске.

* 1. Сила трения, действующая на доску со стороны піайбы, no- стоянна:

*p “ fimg.*

Под действием этой силы доска движется с ускорением

*а --* достигает скорости u за время



Отсюда: *т -- М* —1 = 2

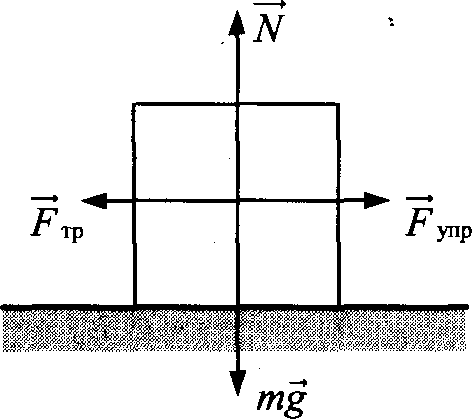
2 —1 = 0,5 кг.

*Vg! Ответ: т ——* 0,5 кг.

- 0- ,2 10 0,8

46. *Ответ: М —— ——*2,5 кг. “ —1

*Vg!*

1. *Возможное решение.*
   1. Найдем максимальное сжатие пружины *b,* при котором груз еще покоится на столе. В случае сжа- той пружины на груз действуют силы, показанные на рисунке (ca- ма пружина не показана). Видно, что силу упругости уравновеши- вает сила трения покоя. При мак- симальном сжатии пружины име- ем:

*kb* ——max -р „„, = JъV = *ymg.* Отсюда *b —— *

#### Изменение механической энергии системы тел «груз + пpy- жнна» при переходе из начального состояния в конечное рав- но работе силы трения скольжения:

2 -'2 -Р*mg(d + b).*

По условию задачи пройдеНньІЙ ГЈЭ ОМ ITyTЬ *d + b* > 0. ПОэТоМу, сокраТив на *(d+ b),* прііходим к ураВнению:

*k (b — d) ———цmg.*

# 2

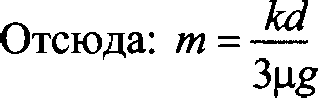
ЧТІІ, ЧТО

*цmg*

*k ——b ,* nonymiM уравнение оТнОсиТепьнО *d:*

*b — d ——* —2b *с* решениеМ *d —-* ЗЬ. Тахіві образОМ, *d ——*

##### *k*

 = 2,5 xr.

*Ответ:* m = 2,5 кг.

48. *Ответ: k —— 3Wng* = 90 11/M.

*d*

1. *ВОЗNОжное решение.*

Брусок сдвигаеТся с MecTa при условии, что сила, действую- maя на него со сТОроны ниТи, сТанеТ больше МаксиМальной сильІ трения покоя:

*Т* > Np ,р, , *Т* > *JiMg.*

ВТОрой закон НьюТона для грузика в нижнеМ положении:

*——Т — mg. *

Закон сохранения Механической энерши:

*mgh ——* mu 2 2mg6 \_ mu 2

2 *L* Ј

ПодстаВляя (2) В (1), получим:

*Т. ти’ + , \_* 2mgh+ . , -., 2h +  >,«, ,

оТкуда m > 

*Ответ: т* > 

ДопусКаеТся огвеТ в виде равенства.

(2)

1. *Ответ: h* > 1

2 m

*Возможное решение.*

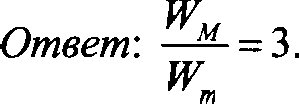
Закон сохранения механической энергии при ударе:

2 2 2

Закон сохранения импульса при ударе:

*mv ——mv'+ MV.* (2)

Pemaя систему уравнений (1)--(2) с учетом условия *М ——* 3m, получаем:



52. *Ответ: Q —— mMgf* \_

*т+ М*

*Возможное решение.*

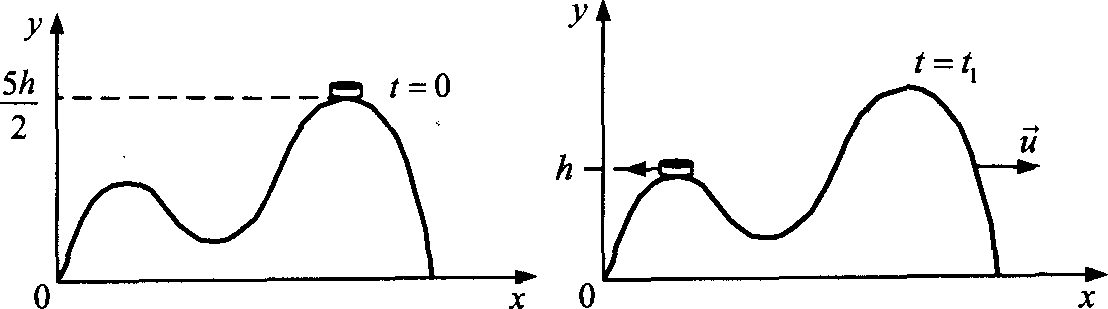
На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, по- этому проекция импульса системы на горизонтальную ось *Ох* системы отсчета, связанной со столом, сохраняется. В началь- ный момент *р,(0)* = 0, а в момеігг I; *р* (1) *= Ми — mc. ИЇ* зако-

на сохранения импульса *р* (0) *= р* (l) получим: *Ми - mc ——*0, где m — масса шайбы, *M—* масса горки.

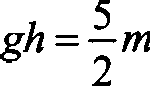
Работа сил тяжести определяется изменением потенциальной

энергии, а суммарная работа сил реакщіи равна нулю, так как

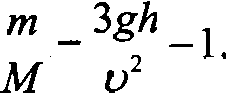
поверхности гладкие.



Следовательно, полная механическая энергия системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной, сохраняется. Так как потенциальная энергия горки не изменилась, получа- ем уравнение

*+ т gh .*

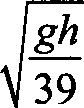
#### 2 2

Решение системы дает отношение масс 

*Ответ:* m \_ 3gè

*uz*

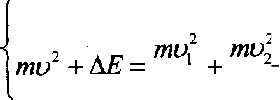
##### *М*

54. *Ответ: и —— gh*

39

*Возможное решение.*

Введем обозначение:

u — модуль скорости летящего назад осколка снаряда. Система уравнений для решения задачи:

2m Д *z i*

#### 2 2

Выразим ti из первого уравнения: • - • — 2ti, — и подста- вим во второе уравнение. Получим:

u2 — 2u,u, +u2—

— 0.

*т*

Отсюда следует: *т —- .*

(\*i —\*о)

*Ответ: т —— z .*

(\*i —\*о)

*Ответ: bE -- '* + t›z) z

4

1. *Вожожное решение.*

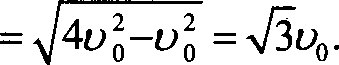
Согласно закоиу сохранения энергии, высоту подъема снаряда

можно рассчитать по формуле: **

2 2g

кона сохранения энергии определяет начальную скорость

*т,* (2u, )2

первого осколка: 2

4t›, — 22*ghh*

2

Начальная **скорость** второго осколка после разрыва снаряда может **быть** определена по формуле:

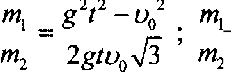
у = *h* + u,i —

2 2g

2 2 2g/

где / — время полета второго осколка.

Согласно закону сохранения импульса, *т,и, ——т ’.*

- 0,43.

m, *——’—*u,*.’*

*Ответ:*

*mc*

0,43.

1. *Возможное решение.*

При движении мяча вниз его полная механическая энергия co- храняется:

mF,° \_mF 2



#### 2 2 '

где Г — скорость мяча в момент удара о землю.

(1)

При ударе о землю tкорость мяча уменьшается на ч = 25% =

= 0,25, и он отскакивает со скоростью Г, = Г, (1 — п) . (2) При движении мяча вверх после удара о землю его полная ме-

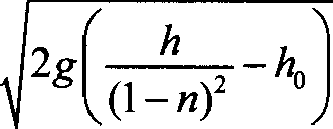
ханическая энергия сохраняется:

m\*'

## 2

*—— mgh. (3)*

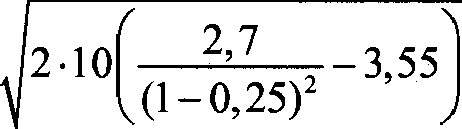
**Выполняя** математические преобразования с формулами (1)---(3), получим:

F= 2*g* ( \_*h*, 2 *- hу —-*

*Ответ:* U, ——5 м/с.

-2 10

2,7

(1 — 0,25) 2

— 3,55 = 5 м/с.

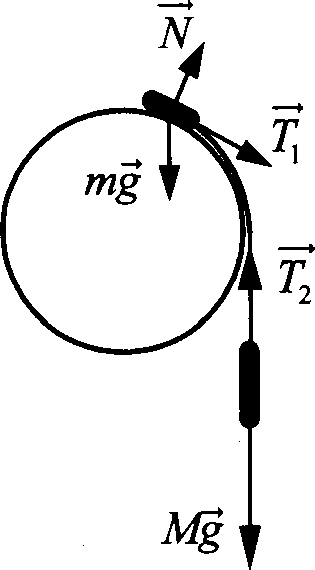
1. *Ответ: с* высоты 3,55 м.
2. *Возможное решение.*
   1. Будем считать систему отсчета, связанную с Землей, инер-
   2. На рисунке показан момент, когда груз m еще скользит по сфере. Из числа сил, действующих на грузы, силы тяжести *т* и *Жg* потенциальны, а силы натяжения нити 7' и *T ,* а

также сила реакции опоры *N —* непотенциальны. Поскольку нть легкая и трения нет, *Т, —— Т —-Т .* Сила *Т,* направлена по

скорости й груза m, а сила *To —* противоположно скорости й, груза *М.* Модули скоростей грузов в один и тот же момент времени одинаковы, поскольку нить нерастяжима. По этим причинам суммарная работа сил *Т* и *T* при переходе в дан-

ное состояние из начального равна нулю. Работа силы *N* так-

#### же равна нулю, так как из-за отсутствия трения *N L й .*



* 1. Таким образом, сумма работ всех непотенциальных сил, действующих на грузы m и *М,* равна нулю. Поэтому в инерци- альной системе отсчета, связанной с Землей, механическая энергия системы этих грузов сохраняется.
  2. Найдем модуль скорости груза m в точке его отрыва от по- верхности сферы. Для этого приравняем друг другу значения механической энергии системы грузов в начальном состоянии и в состоянии, когда груз m находится в точке отрыва (потен- циальную энергию грузов в поле тяжести отсчитываем от

уровня центра сферы, в начальном состоянии груз *М* находит- ся ниже центра сферы на величину 6s):

*mgR — Mgh --*

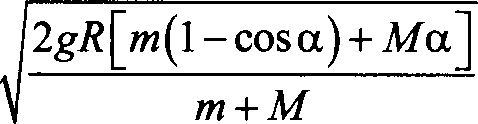
’ *+ mgR* cos п +

#### 2

*+ Mg(—h) ,*

#### 2

где Л — радиус трубы, *h —* fi - $«

2gЛ[m(1— cosn) + *Ма*

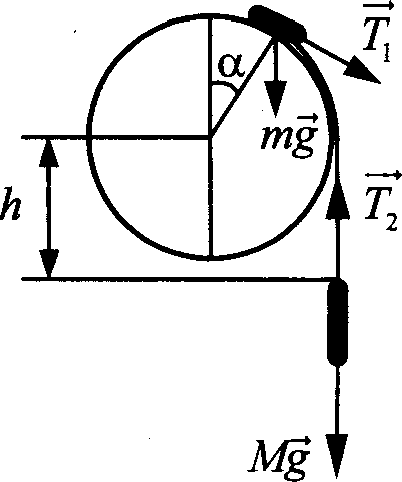
Отсюда u

*т+ М*

#### Груз вt в точке отрыва еще движется по окружности радиу- сом Л, но уже не давит на сферу. Поэтому его центростреми- тельное ускорение вызвано только силой тяжести, так как сила

Г направлена по касательной к сфере (см. рис.):

——*mgcosn* .



Подставляя сюда значение t› , получим

#### 2

m+

Отсюда *М ——* ш(Зсоsп —2) - ioo г

2п —cosn

-2

2

#### 2‹i-

- 330 г.

#### 2

*Ответ:* M-- 330 г.

*Ответ: т ——*

3cosn — 2

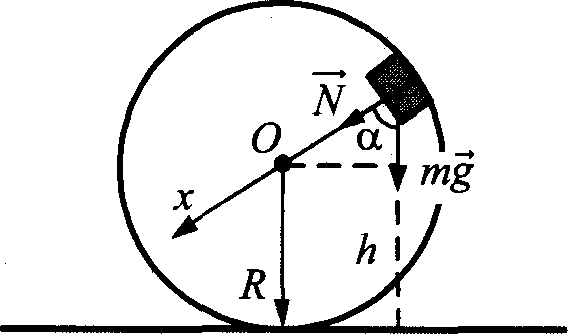
- 0,3 кг.

1. *Возможное решение.*
   1. Пусть скорость кубика на высоте *h* равна u, а в ніокней точ- ке петли потенциальная энергия кубика равна нулю. Тогда по

закону сохранения механической энергии

#### 2

откуда u2 = 2*g(H - h).*



* 1. Когда кубик находится на высоте *h,* на него действуют две силы: сила тяжести *mg* и сила реакции опоры *N.* Запишем

второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направле-

2 2

ние *(От* на рисунке): *mg* cos *а + N ——~~р~~  ,* где *= а —* цен-

#### тростремительное ускорение кубика в этой точке. По третьему закону Ньютона *N ——F.*

Из рисунка видно, что cos п = *h - R*

* 1. Из выражений п. 2 получим: Л =

*(gh — и 2 )*

*mg - F*

* 1. Подставив полученное значение 

*р \_ mg(3h —* 2Jf) \_ 1•10 -(-3 2,5 — 2 3 = 2,5 м.

'

п. 1, найдем:

*mg — F* -1 10 —4

*Ответ:* Л ——2,5 м.

1. *Ответ: Н ——* 3 м.
2. *Возможное решение.*

Кинетическая энергия вылетевшего снаряда:

\_ m

### 2

где m — масса снаряда, о — его скорость.

Сила давления пороховьт газов:

*F -pS,*

где *р —* среднее давление пороховых газов,

*S* = nd'

#### 4

(2)

— пло-

щадь поперепного сепения ствола, *d —* диаметр ствола. Работа силы давления пороховьtх газов:

*А* = Г-f, 

где f — длина ствола.

Снаряд приобрел кинетипескую энергию за спет работы силы давления пороховьlх газов:

*W —— А.*

Объединяя соотношения (1Н 4), получаем

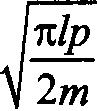
\_ 2mu 2



*rd’l*

*Ответ: р -—* 4,7- 108 Па.

(4)

*Ответ: о —- d* = 1380 м/с.

*Возможное решение.*

Из закона сохранения механической энергии находится ско- рость шара в нижней точке до попадания пули:

п = 2gf(l— cosn) .

Из закона сохранения импульса определяется скорость віара в нижней точке после попадания и вылета пули:

*Ми — ти, -- Mu'— ти и' -—и + m (и, - и,) .*

*c*

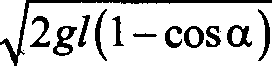
Закон сохранения механической энергии для шара после no-

падания и вылета пули:

*Ми'*

#### 2

1 — **GOS** ) .

Следовательно, угол отклонения определяется равенством:

р i2 1

#### + m 7

COS = 1 —

= l —

2gf 2gf

*М* '9

или § = arccos(7 / 9) - 39° .

*Ответ:* == 39°.

1. Ответ: )Au) = 2gf(1 — cos§) —
2. *Вожожное решение.*

—*gf(*2*1*cosn) = 100 м/с.

Шарик ш перед ударом имеет скорость u. Закон сохранения импульса при ударе:

< ' (< + *М)V,*

где Г— скорость шаров после удара. Колиество теплоты, вьlделивтееся при ударе,

*тип (т + M)V*

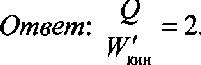




(2)

2 2 2

Pemaя систему уравнений (1)--(2), получаем:  *~~Q~~  ——*2.

ин

1. *Возможное решение.*

#### Закон сохранения импульса при ударе:

*ти ——[т+ М)V,* (1)

где г — скорость левого тарика перед ударом, Г — скорость шаров после неупругого удара.

Количество теплоты, выделивтееся при ударе:

(2)

#### 2 2

По условию задаяи

4

Решая систему уравнений (1)--(3), получаем: г = 2Г; ш = *М.*

Следовательно, *м --* 1.

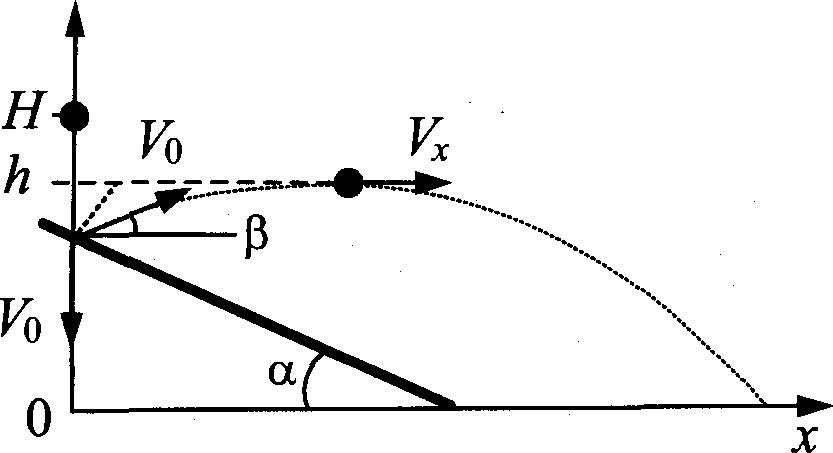


1. *Возможное решение.*
   1. Перед столкновением с плитой скорость шарика направлена вертикально вниз и равна Г, = *gt ,* а после yпpyгoгo соударе- ния с плитой ее модуль не изменяется, а направление состав-

ляет угол § = 90° — 2o с горизонтом. (Угол падения шарика

при упругом ударе о неподвижную массивную плиту равен

#### углу отражения.)



* 1. При движении после соударения горизонтальная состав- ляющая скорости не измеияется, так как шарик находится в свободном падении, а сила тяжести направлена вертикально, т. е. u, = Г, cosb = const .
  2. Так как при упругом ударе энергия шарика сохраняется, его механическая энергия в течение всего времени движения ос- тается постоянной. В начальный момент времени й, = *mgH ,* а

в момент наибольшего подъема после соударения с плитой

- *night* + 2‘ Сохранение энергии й, = й, приводит к уравнению *mgh+ ти,' ——mgH .*

#### 2

* 1. Учитывая условие п, = Г, cosb = *gtcoь] — g/sin* 2сг , получим

отсюда высоту падения *Н ——h+ g"* sin' 2s

#### 2

* 1. Подставляя сюда значения величин, получаем ответ: *Н ——*2 м.

*Ответ:* 2 м.

Gsin 2п

1. *Ответ: h —— Н — '*

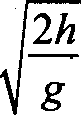
#### 2

= 1,65 м.

1. *Возможное решение.*

В соответствии с законом сохранения импульса,

*Мо —— (т + М)V.*

Время полета тела массой *(т + М),* падающего с высоты *h*

*g*

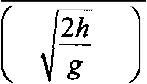


#### (2)

За это время тело массой (m + ЗЈ) сместіггся по горизонтали на расстояние

*L* = if. 

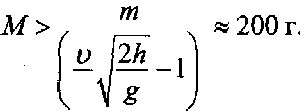
Решая систему уравнений (1)--(3), будем иметь:

*м ——*

#### 26 \_Ј

*L g*

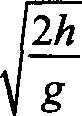
откуда получаем искомый результат:

*L g*

*Ответ:* М> 200 г.

*Ответ: т < М*

*и 2h* —1 = 150 г.

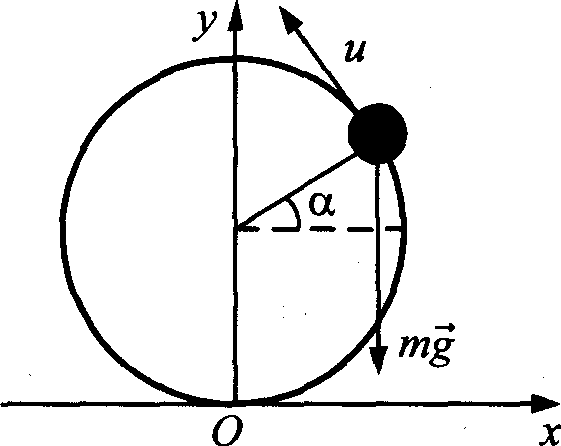
*L g*

*Возможное решение.*

В момент отрьlва от кольца на высоте *h* шайба имела скорость u, определяемую из закона сохранения энергии:

*gh .*

#### 2 2



При этой скорости ее центростремительное ускорение  инерциальной системе отсчета *Oxy,* связанной с

#### Землей, в соответствии со вторьт законом Ньютона обеспе-

чивалось составляющей силы тяжести, действующей на шайбу и направленной к центру кольца:

*та„ ——mg* sin п.

УчитьІвая, что siпп = *h— R* , исключим из системы уравнении

*ар п и:*

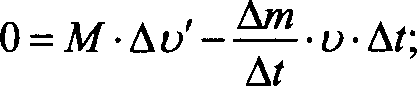
*и2 -— g(h — R)+* 2*gh .*

Отсюда *h —— * - 0,18м.

3 3g

*Ответ:* 6 ——0,18 м.

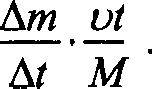
1. *Ответ: и —- g(3h — R)* = 4 м/с.
2. *Возможное решение.*

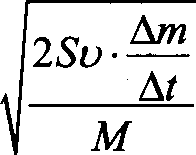
Захон сохранения импульса для системы «аппарат + газ, вы- брошенный за итервал времени df»:

формула для ускорения *а —— g$' ,*

#### Формула для скорости двівкения аппарата: m = а/.

Выполнив математические преобразования, получим ответ в

общем виде: u = 

*Ответ:* 12 м/с.

2S-

77. *Ответ: V —- '* ——12 м/с.

*М*

1. *Возможное решение.*
   1. В момет пережигания нити на стержень с грузами внш дей- ствуют силы тяжести *т g, т п* пружина с силойЈ - 9 — 0
   2. Движение стержня с грузами в инерциальной системе от- счета под действием приложенньт сил происходит с ускоре- нием *а,* определяемым вторым законом Ньютона: *(т + mz) а ——*

##### *——(т + mz )g +*

откуда *а -- g + k*

##### *т,+ mc*

* 1. Двітжение груза *т* с этим ускорением происходт под дей- ствием приложенных к нему сил силы тяжести *т g н* реак- ции стержня *Т, н* подчиняется второму закону Ньютона: *т а ——т g + Т.*

Из этого уравнения определяется реакция стержня

*Т ——* mc *(а* — *g)* —— *k(1,* — f).

5. Подставляя значения масс, жесткости и удлинения пружи-



*-—* о i 3-0

0,1 + 0,2

*Ответ:* 1 Н.

(0, 2 — 0,1) = 1 (Н).

1. *Возможное решение.*
   1. В момент пережигания нити на стержень с грузами вниз дей-

ствуют силы тяжести *т g, тg н wружинв* с силой f -9 — 0s

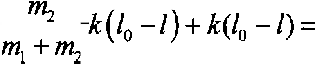
* 1. Движение системы в инерциальной системе отсчета под дей- ствием приложенных сил происходт с ускорением *а, онрере-* ляемым вторьві законом Ньютона: *(т + m2) а ——(т + mz )g+ Ј!*

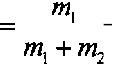
откуда *а —— g + k ~~" '~~*

*mc+ mc*

* 1. Движение груза *mz* с этим ускорением происходт под дей- ствием приложенных к нему сил — силы тяжести *т ,* силы упругости пружины N - ( — I) и силы реакции стержня *Т,* и подчиняется второму закону Ньютона: *т2а —- т + F — Т.*

Из этого уравнения определяется реакция стержня

*Т -- mz (g — а) + F -— - *

*k(ll* — f).

* 1. Подставляя значения масс, жесткости и удлинения пружи-

НЫ, ПОЛ HM:

*Т =* -0,1 30

0,1 + 0,2

(0, 2 — 0,1) = 1 (Н).

*Ответ:* 1 Н.