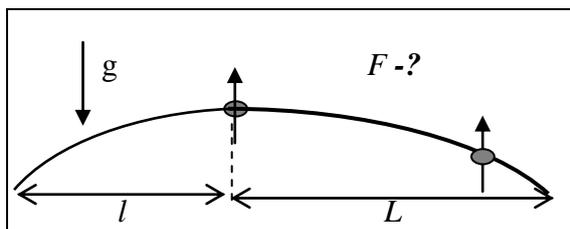


I этап (очный) Всесибирской олимпиады по физике
Задачи 10 кл. (14 октября 2012 г.)



1. На испытаниях посадочный модуль массы m бросили под углом к горизонтали. В верхней точке траектории включили ракетный двигатель с постоянной вертикальной силой тяги F . Найдите её, если до включения двигателя модуль пролетел расстояние l по горизонтали, а с включенным двигателем до точки приземления – расстояние L . Сопротивлением воздуха и изменением массы модуля пренебречь, ускорение свободного падения g .

Решение

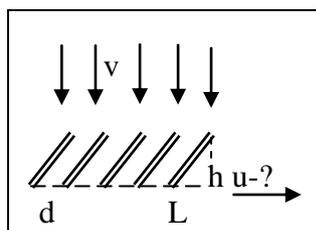
Вертикальная тяга двигателя не влияет на горизонтальную составляющую v_{Γ} скорости модуля $l = v_{\Gamma} t_1; L = v_{\Gamma} t_2$ (2б), где t_1 и t_2 время движения до верхней точки траектории и после нее. Поскольку в вершине траектории вертикальная составляющая скорости равна нулю, высота траектории $h = \frac{gt_1^2}{2}$ (1б) и $h = \frac{at_2^2}{2}$ (2б). Ускорение a находим из 2 закона

Ньютона: $ma = mg - F$ (2б). Решая уравнения, находим: $\frac{a}{g} = \frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{l^2}{L^2}$, откуда окончательно

$$F = mg(1 - (l/L)^2). \quad (3б).$$

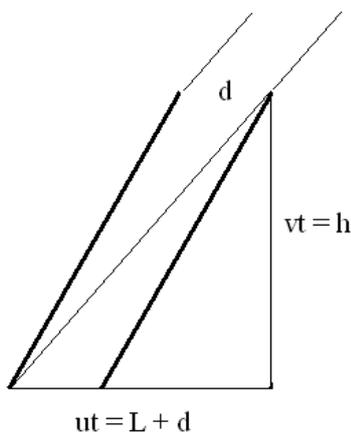
Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Неизменность горизонтальной скорости и связь перемещений l и L с временами подъёма и спуска	$l = v_{\Gamma} t_1; L = v_{\Gamma} t_2$	2
Выражения высоты траектории через ускорения и время а)подъём б) спуск (или аналог)	а) $h = \frac{gt_1^2}{2}$ б) $h = \frac{at_2^2}{2}$	1 + 2
Применение 2-го закона Ньютона	$ma = mg - F$	2
Решение уравнений и получение ответа	$F = mg(1 - (l/L)^2)$	3



2. Одинаковые пластины установлены наклонно на горизонтальной ленте транспортёра, верхний конец пластин правее нижнего на L и выше на h , расстояние между ними по горизонтали d ($d < L$). Равномерно распылённые капельки краски летят вертикально с постоянной скоростью v и прилипают, попав на поверхность. При какой скорости ленты полностью окрашивается правая сторона пластин без потерь краски, а при какой – левая?

Решение



Перейдём в систему отсчёта, где пластины неподвижны. В ней при той же вертикальной скорости v у капелек появляется горизонтальная скорость u , направленная влево. Рассмотрим случай окрашивания правой стороны пластинки потоком краски, павшей в зазор. Его границы на рис. тонкие параллельные линии. Если нижняя граница выше нижнего конца окрашиваемой стинки, то её правая сторона не полностью окрашена. Если выше – часть краски пролетит мимо. Условию полного окрашивания

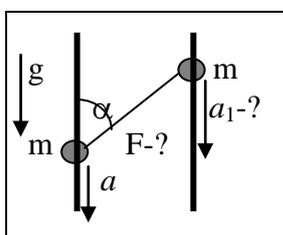
правой стороны без потерь отвечает нижняя граница, проходящая через нижний конец окрашиваемой пластинки и верхний конец следующей пластинки. Тогда за время пролёта t $h = vt$; $L + d = ut$ и $u = v(L + d)/h$.

Для полного окрашивания левых сторон без потерь критическая граница, направленная по вектору относительной скорости проходит через верхний край предыдущей пластины и нижний край окрашиваемой левой стороны пластины. В этом случае перемещение по горизонтали за время пролёта будет $L - d$, а соответственно $u = v(L - d)/h$.

Можно не переходить в систему покоя пластин, а рассматривать движение капелек в зазоре по вертикали и встречу их с нижними концами окрашиваемых сторон.

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Условие полного окрашивания правых (левых) сторон без потерь из относительного движения или через встречу капелек с нижними концами		2 + 2
Связи горизонтальных и вертикальных перемещений при окраске а) правых б) левых сторон	а) $h=vt$; $L+d = ut$ б) $h=vt$; $L-d = ut$	2 + 2
Нахождение скоростей	а) $u = v(L + d)/h$ б) $u = v(L - d)/h$	1 + 1



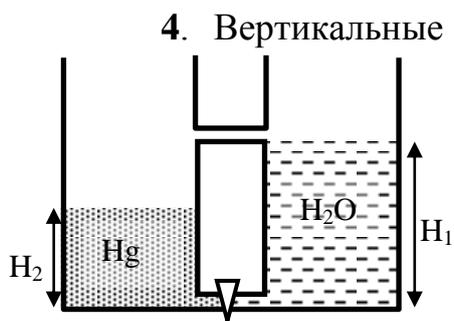
3. Две шайбы равных масс m скользят без трения по вертикальным спицам. Они связаны упругой резинкой. В момент, когда она образует угол α с вертикалью, ускорение нижней шайбы равно a . Каковы в этот момент ускорение a_1 верхней шайбы и натяжение F резинки? Ускорение свободного падения g .

Решение

На нижнюю шайбу в вертикальном направлении действуют две силы: сила тяжести и вертикальная компонента силы натяжения F (1б). Второй закон Ньютона: $ma = mg - F \cos \alpha$ (2б). На верхнюю шайбу действуют две подобные силы. Второй закон Ньютона для нее: $ma_1 = mg + F \cos \alpha$ (1 + 2б). Решая совместно уравнения, получаем ответ: $a_1 = 2g - a$ (2б) и $F = m(g - a)/\cos \alpha$ (2б).

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Указание вертикальных сил, действующих на шайбы и их направления		1 + 1
Применение к каждой 2-го 3-на Ньютона	$ma = mg - F \cos \alpha$; $ma_1 = mg + F \cos \alpha$	2 + 2
Нахождение ускорения	$a_1 = 2g - a$	2
Нахождение натяжения	$F = m(g - a)/\cos \alpha$	2



4. Вертикальные сосуды одинакового сечения соединены тонкими трубками внизу и на высоте $H_1 = 1$ м. В нижней трубке есть кран, который вначале закрыт. Правый сосуд до высоты H_1 заполнен водой, в левый до высоты $H_2 = 0,5$ м налита ртуть. Плотность ртути ρ в 13,6 раз больше плотности воды ρ_0 . Какой высоты h установится столб ртути в правом сосуде после открытия крана в нижней трубке?

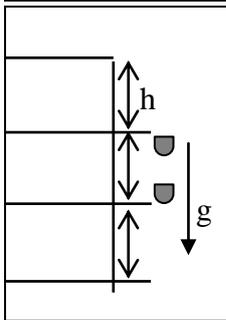
Решение

Давление 0,5 м столба ртути больше давления 1 м столба воды. Поэтому после открытия крана ртуть будет перетекать по нижней трубке в правый сосуд (1б). Равный объему пришедшей ртути объем воды вытечет по верхней трубке из правого сосуда в левый (1б). Процесс замещения воды ртутью закончится, когда давление вблизи дна в левом и правом сосудах сделается равным. Предположим, что конечный столб ртути в правом сосуде h . Тогда в левом сосуде будет столб h воды, опирающийся на столб $H_2 - h$ ртути (1б). Давление на дно будет $P_{\text{л}} = \rho_0 gh + \rho g(H_2 - h)$ (2б). Аналогично находим высоты столбов (1б) и давление в правом сосуде $P_{\text{пр}} = \rho gh + \rho_0 g(H_1 - h)$ (2б). Из условия $P_{\text{л}} = P_{\text{пр}}$ (2б) получаем ответ:

$$h = (\rho H_2 - \rho_0 H_1) / 2(\rho - \rho_0) \approx 0,23 \text{ м (2б).}$$

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Вывод о вытекании ртути из давлений столбов		1
Равенство вытекшего объема воды объему перетекшей ртути и выражения высот столбов	Слева h воды и $H_2 - h$ ртути Справа h ртути и $H_1 - h$ воды	1+1
Нахождение давления у дна а) слева б)справа	а) $P_{\text{л}} = \rho_0 gh + \rho g(H_2 - h)$ б) $P_{\text{пр}} = \rho gh + \rho_0 g(H_1 - h)$	2 +2
Условие равновесия	$P_{\text{л}} = P_{\text{пр}}$	1
Решение уравнения для h и ответ	$h = (\rho H_2 - \rho_0 H_1) / 2(\rho - \rho_0) \approx 0,23 \text{ м}$	2



5. Высота каждого этажа дома $h = 3$ м. С пола балкона верхнего этажа свалился цветочный горшок. Надо же так случиться, но спустя время $\tau = 0,2$ с пола балкона этажом ниже тоже свалился горшок, причём они столкнулись в воздухе, не достигнув земли. Сколько этажей как минимум имеет дом? Принять ускорение свободного падения $g \cong 10 \text{ м/с}^2$.

Решение

Пусть второй горшок до столкновения падал в течение времени t . Он опустился на высоту $x = \frac{gt^2}{2}$ (1б). Первый горшок двигался на время τ больше и прошел путь на h

больше: $x + h = \frac{g(t + \tau)^2}{2}$ (3б). Исключая x получим уравнение для t : $h = gt\tau + \frac{g\tau^2}{2}$. Зная

время $t = h/g\tau - \tau/2$, (2б) получим $x = \frac{g}{2} \left(\frac{h}{g\tau} - \frac{\tau}{2} \right)^2$ (2б). Подставив значения величин, получим $x \cong 10$ м. Это больше 3 этажей (1б), плюс два верхних этажа. Поэтому минимальное количество этажей в доме $N = 6$ (1б).

Можно выразить времена пролёта и найти их разницу $\sqrt{2(H + h)/g} - \sqrt{2H/g}$, а затем перебирать N целократные h , пока разница не станет меньше τ .

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Перемещения горшков до встречи	$x = gt^2/2$; $x + h = g(t + \tau)^2/2$	1 +3
Нахождение t и x	$t = h/g\tau - \tau/2$; $x = g(h/g\tau - \tau/2)^2/2$	2 + 2
Сравнение x (числа!) с h	$x \cong 10 \text{ м} > 3h$	1
Минимальное число этажей	$N = 6$	1