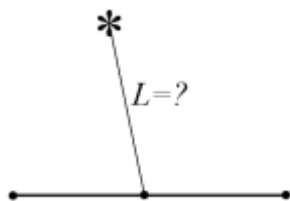


I этап (очный) Всесибирской олимпиады по физике
Задачи 11 кл. (14 октября 2012 г.)



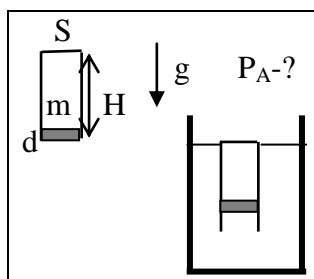
1. Три микрофона установлены на одной прямой. Звук от среднего микрофона доходит до крайних за равное время $\tau = 7$ с. Происходит взрыв. Левый микрофон фиксирует приход звука от взрыва на время $t_1 = 1$ с позже среднего, правый – позже на $t_2 = 3$ с. Скорость звука $c = 330$ м/с. На каком расстоянии от среднего микрофона произошёл взрыв?

Решение

Пусть время прохождения звука от места взрыва до среднего микрофона t . Тогда искомое расстояние $R = ct$, а расстояния до левого микрофона от места взрыва $R_1 = c(t + t_1)$ и до правого соответственно $R_2 = c(t + t_2)$. Расстояние же между микрофонами $L = ct$. Из теоремы Пифагора или теоремы косинусов $R_1^2 + R_2^2 = 2L^2 + 2R^2$. Откуда получаем уравнение для t и $t = (2\tau^2 - t_1^2 - t_2^2)/2(t_1 + t_2) = 11$ с, $R = ct = 3630$ м.

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Выражения расстояний через время	$R = ct, R_1 = c(t + t_1), R_2 = c(t + t_2)$.	3
Геометрическая связь расстояний	$R_1^2 + R_2^2 = 2c^2\tau^2 + 2R^2$ или аналоги	3
Нахождение времени t	$t = (2\tau^2 - t_1^2 - t_2^2)/2(t_1 + t_2) = 11$ с	3
Нахождение искомого расстояния	$R = ct = 3630$ м	1



2. Воздух в невесомом тонкостенном цилиндре сечения S и высоты H перекрыт снизу поршнем толщины d и массы m . Если держать цилиндр, то нижний торец поршня в равновесии находится на уровне открытого конца цилиндра. После опускания в воду в вертикальном положении цилиндр плавает так, что его верхний конец оказывается на уровне воды. Каково атмосферное давление P_A ? Плотность воды ρ , температура неизменна, ускорение свободного падения g , трения нет.

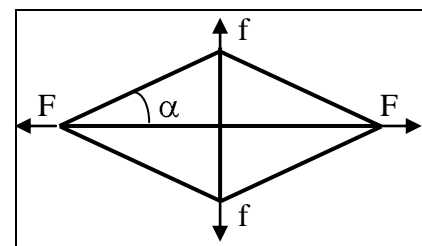
Решение

Пусть h расстояние от верхнего конца цилиндра до нижнего торца поршня при указанном плавании. Тогда из закона Архимеда $m = \rho Sh$. Начальное давление воздуха в цилиндре $P = (P_A - mg/S)$, а конечное P_A (цилиндр невесом!). Если толщина поршня d , то из неизменности температуры имеем $P(H - d) = (P_A - mg/S)(H - d) = P_A(h - d), P_A = \rho mg(H - d)/(\rho SH - m)$.

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Нахождение h из закона Архимеда	$m = \rho Sh$ или аналог	2
Нахождение начального и конечного давлений	$P = (P_A - mg/S), P_A$	2
Учёт толщины поршня		1
Выражение неизменности температуры	$(P_A - mg/S)(H - d) = P_A(h - d)$	3
Нахождение искомого P_A	$P_A = \rho mg(H - d)/(\rho SH - m)$	2

3. Шесть отрезков резиновой нити соединили так, что получился ромб с двумя диагоналями. При этом все отрезки выпрямлены, но не деформированы. Ромб растягивают за вершины силами F и f , направленными вдоль диагоналей. При каком отношении сил F/f угол α между стороной и горизонтальной диагональю останется прежним?



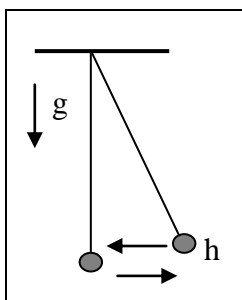
Решение

Сохранение угла означает подобие растянутого ромба исходному. Поэтому относительное удлинение всех отрезков одинаково. Рассмотрим три участка равной длины, исходящих из вершины ромба. Их жёсткость одинакова и одинаковы их удлинения. Тогда равны и упругие силы. Таким образом натяжения T всех отрезков равны. Из условия равновесия сил, приложенных к вершинам

$$F = T(1 + 2\cos\alpha); f = T(1 + 2\sin\alpha) \text{ и } F/f = (1 + 2\cos\alpha)/(1 + 2\sin\alpha).$$

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Вывод одинаковости относительных удлинений		2
Вывод равенства всех натяжений		3
Условия равновесия для двух вершин	$F = T(1 + 2\cos\alpha); f = T(1 + 2\sin\alpha)$	2 + 2
Нахождение искомого отношения	$F/f = (1 + 2\cos\alpha)/(1 + 2\sin\alpha)$	1



4. Груз висел на вертикальной нити в поле тяжести. К нему приложили горизонтальную силу направленную вправо. В момент достижения грузом наибольшей высоты h от нижней точки направление силы поменяли на обратное при прежней её величине. Когда груз возвратился по дуге окружности в низшую точку, действие этой силы прекратилось. Насколько поднимется груз при дальнейшем движении влево?

(Считайте, что h меньше половины длины нити.)

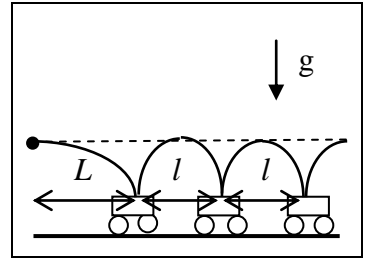
Решение

При наибольшем отклонении вправо работа горизонтальной силы идёт на увеличение потенциальной энергии $A = mgh$. Такую же работу совершает горизонтальная сила при возвращении в исходную точку, тогда кинетическая энергия в ней $E = A + mgh = 2mgh$. Это кинетическая энергия переходит в потенциальную энергию mgH при отклонении в крайне левое положение $E = mgH$. Окончательно $H = 2h$.

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Баланс энергии при подъёме вправо	$A = mgh$	2
Баланс энергии при спуске в исходную точку	$E = A + mgh = 2mgh$	4
Баланс энергии при подъёме влево	$E = mgH$	2
Нахождение высоты подъёма	$H = 2h$	2

5. По горизонтальному полу может двигаться без трения тележка массы M . Горизонтально брошенная шайба пролетает расстояние L по горизонтали и попадает в исходно неподвижную тележку, отскакивает от неё, поднимаясь на прежнюю высоту, и снова попадает в тележку пролетев расстояние l по горизонтали. Потом снова отскакивает, снова попадает в тележку на расстоянии l и продолжает так прыгать далее. Какова масса шайбы?



Решение

Периодичность движения указывает, что горизонтальная скорость шайбы равна скорости тележки после первого отскока. Равенство высот – равенство времён. Скорость шайбы по горизонтали до первого столкновения $v = L/t$, где t время спуска, скорость тележки $u = l/2t$. Из закона сохранения импульса $mv = (m + M)u$, откуда $m = ML/(2L - l)$.

Разбалловка

Этапы решения	Соотношения	Баллы
Равенство скоростей по горизонтали после отскока		2
Выражение этих скоростей через время спуска	$v = L/t; u = l/2t$	3
Использование сохранения импульса по горизонтали	$mv = (m + M)u$	3
Нахождение массы шайбы	$m = ML/(2L - l)$	2