

Первый (очный) этап Всесибирской олимпиады по физике

18 ноября 2018 г.

Решения и критерии оценки

11 класс

1. Лента транспортера, перевозящего ящики из цеха на склад, движется со скоростью $v = 6$ км/ч. Когда контролер шагом (со скоростью $u = 4$ км/ч) из цеха перешел на склад параллельно ленте, мимо него проехало $N = 50$ ящиков. Сколько ящиков N_x находится на ленте в фиксированный момент времени?

Возможное решение

1) Если длина транспортера L , то время движения контролера вдоль него $t = L/u$ <1 балл>.

2) Скорость транспортера в системе отсчета контролера $v_{\text{отн}} = v - u$ <2 балла>.

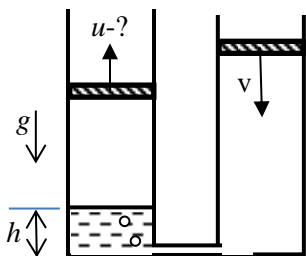
3) Длина ленты, проехавшей мимо контролера $L_1 = v_{\text{отн}} t$ <2 балла>.

4) Составление пропорции $N_x/N = L/L_1$ <3 балла>.

Ответ: $N_x = \frac{u}{v-u} N = 100$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Время движения контролера вдоль транспортера	$t = L/u$	1
2	Скорость транспортера в системе отсчета контролера	$v_{\text{отн}} = v - u$	2
3	Длина ленты, проехавшей мимо контролера	$L_1 = v_{\text{отн}} t$	2
4	Составление пропорции	$N_x/N = L/L_1$	3
5	Получение ответа	$N_x = \frac{u}{v-u} N = 100$	2



2. Пневматический подъемник содержит два вертикально стоящих цилиндра. Ведомый цилиндр имеет сечение S и закрыт подвижным поршнем массы M . Ведущий цилиндр сечением S_1 также закрыт подвижным поршнем. Внизу цилиндры связаны трубкой. В ведомом цилиндре оборудован сифон: он до уровня h заполнен жидкостью, в которую через подведенную вблизи дна трубку поступает воздух из ведущего цилиндра (см. рисунок). С какой скоростью будет подниматься поршень в ведомом цилиндре, если поршень в ведущем цилиндре опускать с небольшой скоростью v ? Трения нет, атмосферное давление P_0 , плотность жидкости ρ , ускорение свободного падения g . Температура постоянная.

поршень в ведущем цилиндре опускать с небольшой скоростью v ? Трения нет, атмосферное давление P_0 , плотность жидкости ρ , ускорение свободного падения g . Температура постоянная.

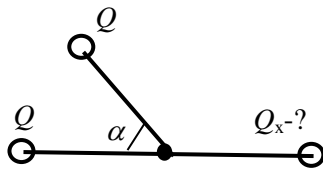
Возможное решение

- 1) Давление воздуха под ведомым поршнем находим из условия его равновесия $PS = P_0S + Mg$ <2 балла>.
- 2) Если скорость ведомого цилиндра u , то за время t объем воздуха под ним увеличится на $\Delta V = utS$ <1 балл>.
- 3) Этот воздух должен выйти из трубки, преодолев давление столба жидкости. Для этого в трубке и ведущем цилиндре он должен иметь давление $P_1 = P + \rho gh$ <2 балла>.
- 4) В правом цилиндре прошедший воздух освободит объем $\Delta V_1 = vtS_1$ <1 балл>.
- 5) Объемы воздуха в цилиндрах связаны законом Бойля-Мариотта: $P\Delta V = P_1\Delta V_1$ <2 балла>.

Ответ: $u = v \frac{S_1 \left(P_0 + \frac{Mg}{S} + \rho gh \right)}{S \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right)}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Условие равновесия ведомого поршня	$PS = P_0S + Mg$	2
2	Изменение объема воздуха под ведомым поршнем	$\Delta V = utS$	1
3	Давление воздуха в ведущем цилиндре	$P_1 = P + \rho gh$	2
4	Изменение объема воздуха в ведущем цилиндре	$\Delta V_1 = vtS_1$	1
5	Закон Бойля-Мариотта	$P\Delta V = P_1\Delta V_1$	2
6	Получение ответа	$u = v \frac{S_1 \left(P_0 + \frac{Mg}{S} + \rho gh \right)}{S \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right)}$	2



3. На концах непроводящего стержня длиной $2L$ закреплены маленькие одноименно заряженные шарики. Левый шарик имеет известный заряд Q , а правый – неизвестный Q_x . С серединой стержня шарнирно соединен непроводящий стержень длины L , на конце которого находится заряд Q . Определите величину заряда Q_x , если в случае равновесия подвижный стержень устанавливается под углом α к неподвижному. Силой тяжести и трением пренебречь.

Возможное решение

1) Момент сил, действующий на подвижный заряд со стороны левого заряда:

$$M_1 = F_1 L \cos(\alpha / 2) = \frac{kQ^2 \cos(\alpha / 2)}{4L \sin(\alpha / 2)^2}, \text{ где } k = 1 / 4\pi\epsilon_0 \text{ <3 балла>.}$$

2) Момент силы со стороны правого заряда $M_2 = F_2 L \sin(\alpha / 2) = \frac{kQQ_x \sin(\alpha / 2)}{4L \cos(\alpha / 2)^2}$ <3 балла>.

3) Условие равновесия $M_1 = M_2$ позволяет найти ответ <2 балла>.

Ответ: $Q_x = Q \operatorname{ctg}(\alpha / 2)^3$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Момент сил, действующий на подвижный заряд со стороны левого заряда	$M_1 = F_1 L \cos(\alpha / 2) = \frac{kQ^2 \cos(\alpha / 2)}{4L \sin(\alpha / 2)^2}$	3
2	То же со стороны правого заряда	$M_2 = F_2 L \sin(\alpha / 2) = \frac{kQQ_x \sin(\alpha / 2)}{4L \cos(\alpha / 2)^2}$	3
3	Условие равновесия	$M_1 = M_2$	2
4	Получение ответа	$Q_x = Q \operatorname{ctg}(\alpha / 2)^3$	2

4. Автомобиль массой m движется из пункта А в пункт В по дороге, состоящей из участка подъема под небольшим углом α к горизонту и участка спуска под таким же углом. Протяженность подъема и спуска одинакова и равна S . Скорость движения по первому участку V_1 , а по второму – V_2 . Какое количество энергии затратит автомобиль на маршруте от А в В? Сила сопротивления воздуха $F = \beta V^2$, где V – скорость автомобиля, β – неизвестный коэффициент. Мощность двигателя автомобиля постоянна, проскальзывания между колесами и дорогой нет, процессом разгона и торможения автомобиля, а также трением в его узлах пренебречь. Ускорение свободного падения g .

Возможное решение

1) Баланс мощности при подъеме: $N = \beta V_1^3 + mg \sin \alpha V_1$, где N – мощность автомобиля <2 балла>.

2) Баланс мощности при спуске: $N = \beta V_2^3 - mg \sin \alpha V_2$ <2 балла>.

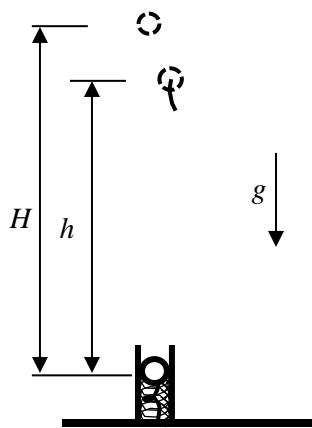
3) Находим β : $\beta = \frac{mg \sin \alpha (V_2 + V_1)}{V_2^3 - V_1^3}$ <2 балла>.

4) Определяем затраты энергии: $E = N(t_1 + t_2) = \beta(V_1^2 + V_2^2)S$ <2 балла>.

Ответ: $E = \frac{(V_1^2 + V_2^2)(V_1 + V_2)}{V_2^3 - V_1^3} mgS \sin \alpha$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Баланс мощности при подъеме	$N = \beta V_1^3 + mg \sin \alpha V_1$	2
2	Баланс мощности при спуске	$N = \beta V_2^3 - mg \sin \alpha V_2$	2
3	Определение коэффициента в формуле сопротивления воздуха	$\beta = \frac{mg \sin \alpha (V_2 + V_1)}{V_2^3 - V_1^3}$	2
4	Определяем затраты энергии	$E = N(t_1 + t_2) = \beta(V_1^2 + V_2^2)S$	2
5	Получение ответа	$E = \frac{(V_1^2 + V_2^2)(V_1 + V_2)}{V_2^3 - V_1^3} mgS \sin \alpha$	2



5. Из пружинной пушки (с жесткой пружиной) выстрелили шариком массой m в вертикальном направлении, и шарик поднялся на максимальную высоту H . Во втором опыте шарик привязали (без натяжения) к земле вблизи пушки упругой резинкой длины L_0 . Затем его зарядили в пушку и снова выстрелили вертикально – резинка порвалась, а шарик поднялся на высоту h . При какой минимальной длине резинки того же материала и сечения она бы не порвалась во втором опыте? Максимальное усилие, которое выдерживает резинка, равно T . Массой резинки, размером пушки и шарика пренебречь. Ускорение свободного падения g .

Возможное решение

1) Закон сохранения энергии в первом опыте: $\frac{mV_0^2}{2} = mgH$, где V_0 - начальная скорость <1 балл>.

2) Закон сохранения энергии во втором опыте: $\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{T^2}{2k}$ <1 балл>.

3) Откуда: $\frac{1}{k} = \frac{2mg(H-h)}{T^2}$ <1 балл>.

4) При изменении длины резинки изменяется ее жесткость: $k_1 = kL_0 / L$ <2 балла>.

5) Длина резинки минимальная, если она получит натяжение T в высшей точке подъема шарика: $\frac{mV_0^2}{2} = mgh_1 + \frac{T^2}{2k_1}$ <1 балл>.

6) Отсюда находим h_1 и подставляем в формулу $k_1(h_1 - L) = T$ <2 балла>.

Ответ: $L = \frac{HL_0T}{L_0T + (H-h)(2mg+T)}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Закон сохранения энергии в первом опыте	$\frac{mV_0^2}{2} = mgH$	1
2	Закон сохранения энергии во втором опыте	$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{T^2}{2k}$	1
3	Определение жесткости резинки	$\frac{1}{k} = \frac{2mg(H-h)}{T^2}$	1
4	Связь жесткости резинки и ее длины	$k_1 = kL_0 / L$	2
5	Условие натяжения резинки T в точке высшего подъема	$\frac{mV_0^2}{2} = mgh_1 + \frac{T^2}{2k_1}$	1
6	Нахождение h_1 , подстановка в формулу для натяжения	$h_1 = \frac{1}{mg} \left(\frac{mV_0^2}{2} - \frac{T^2}{2k_1} \right)$ $k_1(h_1 - L) = T$	2
7	Получение ответа	$L = \frac{HL_0T}{L_0T + (H-h)(2mg+T)}$	2