

Межрегиональные предметные олимпиады КФУ
профиль «Физика»
заключительный этап (решения/ответы)
2022/23 учебный год
8 класс

Задача 1. (23 б.) На поверхности воды плавают две доски. Площадь и плотность древесины досок одинаковы, но толщина второй доски в $n > 1$ раз больше. Груз сначала кладут на первую доску. Под его весом она погружается полностью, но груз остается над поверхностью воды. Затем тот же груз ставят на вторую доску, и она погружается на долю $\gamma < 1$ своего объема. Найдите плотность древесины досок. Дайте ответ в общем виде и для $n = 3$, $\gamma = 3/4$. Плотность воды 1000 кг/м^3 .

Возможное решение:

Запишем проекцию баланса сил на вертикальную ось в первом и втором случае

$$\begin{cases} mg + \rho_d Vg = \rho_v Vg \\ mg + n\rho_d Vg = n\gamma\rho_v Vg \end{cases}$$

Вычитаем из 2 уравнения 1

$$(n - 1)\rho_d Vg = (n\gamma - 1)\rho_v Vg$$

$$\rho_d = \frac{(n\gamma - 1)\rho_v}{(n - 1)} = 625 \text{ кг/м}^3$$

Критерии оценивания:

Верно записан баланс сил для первой доски.	5
Верно записан баланс сил для второй доски.	5
Из системы уравнений исключена масса груза.	4
Получено верное выражение для плотности в общем виде.	5
Получен верный численный ответ.	4

Задача 2. (25 б.) Птица, высиживая кладку яиц, заметила, что ее окружает плотный рой мелких мошек. Она придумала следующую стратегию «охоты» на них: открыть клюв, а затем, дождавшись когда мошки сами в него залетят, быстро закрыть его и проглотить за 0.5 секунд (клюв в это время закрыт). Оцените количество мошек в 1 м^3 , если птица таким способом смогла поймать 5 г мошек за 12 часов. Массу одной мошки примите за 2 мг, объем открытого клюва птицы 27 см^3 . Считать, что мошка меняет направление своего движения случайным образом на масштабе расстояний, значительно превышающим размер клюва, и движется со средней скоростью 3 см/с.

Возможное решение:

Масса всех мошек M может быть найдена как масса съеденной за одну итерацию «охоты» ΔM на количество итераций. Количество итераций $N = T/(t + \tau)$, где $T = 12 \cdot 3600 \text{ с}$ – полное время. Время, за которое мошка залетает в открытый клюв, t , может быть оценено как отношение характерного размера l клюва к скорости мошки. Здесь мы пренебрегаем различными множителями порядка 1.

$$l \approx \sqrt[3]{V} = 3 \text{ см},$$

где V – объем клюва.

$$t = \frac{l}{v} = 1 \text{ с}$$

и число итераций:

$$N = \frac{T}{t + \tau} \approx 2.9 \cdot 10^4$$

Масса за одну итерацию

$$\Delta M = mnV$$

где m – масса мошки, n – искомая концентрация.

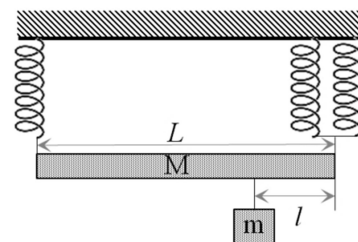
$$M = \Delta M \cdot N = \frac{mnVT}{\tau + \frac{\sqrt[3]{V}}{v}}$$

$$n = \frac{M(\tau + \frac{\sqrt[3]{V}}{v})}{mVT} \approx 3 \cdot 10^3 \text{ м}^{-3}$$

Критерии оценивания:

Оценка характерного размера клюва.	5
Оценка времени одного цикла.	5
Связь общей массы мошек с концентрацией.	5
Формула для концентрации.	5
Численный ответ, верный по порядку величины.	5

Задача 3. (25 б.) Однородная балка длины L и массы M подвешена на трех идентичных невесомых пружинах, как показано на рисунке. На каком расстоянии l от левого конца балки нужно подвесить груз массой m , чтобы балка была строго горизонтальной?



Возможное решение:

Запишем проекцию баланса сил на вертикальную ось и баланс моментов относительно правого конца балки. T_1 и T_2 – силы упругости действующие со стороны пружин с левого и правого конца балки.

$$\begin{cases} T_1 + T_2 = (m + M)g \\ mgl + Mg \frac{L}{2} = LT_1 \end{cases}$$

Согласно закону Гука сила упругости, растягивающая каждую пружину одинакова. Следовательно*

$$\begin{aligned} T_2 &= 2T_1 \\ 3T_1 &= (m + M)g \\ ml + M \frac{L}{2} &= L \frac{m + M}{3} \\ l &= \frac{L}{m} \left(\frac{m + M}{3} - \frac{M}{2} \right) = \frac{L}{3} \left(1 - \frac{M}{2m} \right) \end{aligned}$$

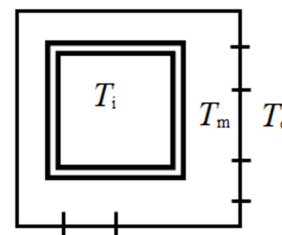
*В условии задачи присутствует опечатка, точнее не соответствие определения искомой l в тексте задачи и на рисунке. По этой причине оба варианта определения l считаются равноценно верными и ответ также верный.

$$l = L - \frac{L}{3} \left(1 - \frac{M}{2m} \right) = \frac{L}{3} \left(2 + \frac{M}{2m} \right)$$

Критерии оценивания:

Верно записан баланс сил и баланс моментов или 2 уравнения баланса моментов относительно двух осей.	10
По 5 баллов за 1 уравнение.	
Записан закон Гука.	4
С помощью закона Гука получено соотношение сил натяжения пружин на концах балки.	5
Получен правильный ответ.	6

Задача 4. (27 б.) Сруб окружен со всех сторон остекленной верандой. Сруб отапливается батареей с постоянной температурой $T_r = 70$ °С (батарея находится внутри сруба). При температуре на улице $T_e = -20$ °С, температура в срубе $T_i = 25$ °С. Температура на веранде при этом равна $T_m = -10$ °С. Какая температура установится в срубе, если открыть окна на веранде (температура на веранде выровнялась с улицей)? Теплообменом через пол и потолок для простоты пренебречь.



Возможное решение:

По закону Ньютона – Рихмана запишем баланс получаемой и отдаваемой тепловой мощности для сруба. Коэффициенты теплоотдачи обозначим за α с соответствующими индексами.

$$\alpha_{ri}(T_r - T_i) = \alpha_{im}(T_i - T_m)$$

$$k = \frac{\alpha_{ri}}{\alpha_{im}} = \frac{(T_i - T_m)}{(T_r - T_i)} = \frac{7}{9}$$

С открытыми окнами

$$\alpha_{ri}(T_r - T'_i) = \alpha_{im}(T'_i - T_e)$$

$$k(T_r - T'_i) = (T'_i - T_e)$$

$$T'_i = \frac{kT_r + T_e}{1 + k} = 19.4 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Критерии оценивания:

Записан закон Ньютона – Рихмана или закон Фурье.	4
Верно записано равенство тепловых потоков батарея комната и комната веранда с закрытыми окнами.	5
Верно записано равенство тепловых потоков батарея комната и комната веранда с открытыми окнами.	5
Получено значение отношения коэффициентов теплопроводности.	5
Новая температура в срубе выражена через известные величины.	4
Получен верный численный ответ.	4