Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

ОЛИМПИАДА «Я – БАКАЛАВР»

ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ

2025/2026 учебный год

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

ФИЗИКА

КЛАСС 10

Вариант 2

Задача 1 (20 баллов)

На стандартный однослойный DVD- диск (внешний радиус R = 58 мм, внутренний радиус области данных r = 24 мм) записан видеофильм, разбитый на N = 30 равных глав. Привод производит поиск (чтение) с постоянной линейной скоростью. Время считывания всего диска (данных) составляет $T_{\text{чтения\_полн}}$ = 4 мин. На какую главу попадём, если начать быстрый поиск (перемотку) с начала диска на время t = 1 мин 15 с? Дорожка представляет собой непрерывную спираль.

Разбор задания:

Дано:

R = 58 мм = 0.058 м
r = 24 мм = 0.024 м
N = 30
$T_{\text{фильм}}$ = 90 мин = 5400 с
$T_{\text{чтения\_полн}}$ = 4 мин = 240 с
t = 1 мин 15 с = 75 с
n —?

Решение:

Время прочтения всей длины:

$$T_{\text{чтения\_полн}} = \frac{L_{\text{полн}}}{v}.$$

$$v = \frac{L_{\text{полн}}}{T_{\text{чтения\_полн}}}$$

$$S_{\text{данных}} = \pi(R^2 - r^2)$$

Если шаг спирали (расстояние между витками) постоянный и равен h
$L \cdot h \approx S.$

$$l = v \cdot t$$

$$S(\rho) = \pi(\rho^2 - r^2)$$

$$\frac{S(t)}{S_{\text{данных}}} = \frac{t}{T_{\text{чтения\_полн}}}$$

$$\frac{\pi(\rho^2 - r^2)}{\pi(R^2 - r^2)} = \frac{t}{T_{\text{чтения\_полн}}}$$

$$\rho = \sqrt{r^2 + (R^2 - r^2) \cdot \frac{t}{T_{\text{чтения\_полн}}}}$$

$$S_{\text{главы}} = \frac{S_{\text{данных}}}{N}$$

$$S_t = \pi(\rho^2 - r^2)$$

$$n = \left\lfloor \frac{S_t}{S_{\text{главы}}} \right\rfloor + 1$$

$$\frac{\rho^2 - r^2}{R^2 - r^2} = \frac{t}{T_{\text{чтения\_полн}}}$$

$$n = \left\lfloor N \cdot \frac{t}{T_{\text{чтения\_полн}}} \right\rfloor + 1$$

Численный результат

$$n = \lfloor 30 \cdot 0.3125 \rfloor + 1 = \lfloor 9.375 \rfloor + 1 = 9 + 1 = 10$$

Задача 2 (20 баллов)

Бетонный блок, толчком сообщённым горизонтально, по гладкой бетонной плите, со скоростью $v_0 = 4$ м/с въезжает на участок уплотняющегося грунта. При удалении от границы плиты на расстояние x коэффициент трения скольжения возрастает по закону: $\mu(x) = \mu_0 + \alpha x$, где $\mu_0 = 0.2$, $\alpha = 0.05$ м$^{-1}$. Найдите путь, который пройдёт блок по грунту до полной остановки.

Разбор задания:

Дано:

$\mu_0 = 0.2$,

$\alpha = 0.05\ \text{м}^{-1}$

$L -\ ?$

Решение:

Уравнение движения в проекции на направление движения (торможение):

$$ma_x = -F_{\text{тр}} = -(\mu_0 + \alpha x)mg.$$

$$a_x = -g(\mu_0 + \alpha x).$$

Используем формулу для равноускоренного движения:

$$v^2 - v_0^2 = 2a_{\text{ср}}L.$$

$$a_{\text{ср}} = -g\mu_{\text{ср}}.$$

Подставляем *v* = 0 в конце пути:

$$0 - v_0^2 = 2\left(-g\mu_{\text{ср}}\right)L.$$

$$v_0^2 = 2g\mu_{\text{ср}}L.$$

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{\mu_0 + \mu(L)}{2} = \frac{\mu_0 + (\mu_0 + \alpha L)}{2} = \mu_0 + \frac{\alpha L}{2}.$$

$$g\alpha L^2 + 2g\mu_0 L - v_0^2 = 0.$$

Решаем квадратное уравнение

$$L = \frac{-2g\mu_0 + \sqrt{(2g\mu_0)^2 + 4g\alpha v_0^2}}{2g\alpha}.$$

$$L = \frac{-\mu_0 + \sqrt{\mu_0^2 + \frac{\alpha v_0^2}{g}}}{\alpha}.$$

Численный ответ
L = 2,98 м

Задача 3 (20 баллов)

Полая тонкостенная асбестоцементная труба (заглушенная с торцов), массой M = 30 кг, длиной (высотой) H = 2 м и наружным диаметром D = 200 мм, подвешена вертикально в приямке с водой площадью сечения S = 1 м². Труба погружена на h = 0.5 м. Равновесие достигается с помощью груза на другом, более длинном конце коромысла строительного крана (рычага 1:5). Какой дополнительный груз Δm нужно снять, чтобы погружение трубы составило h' = 0.3 м? Плотность асбестоцемента $\rho_а$ = 2500 кг/м³, плотность воды $\rho_в$ = 1000 кг/м³. Толщиной стенки пренебречь.

Разбор задания:

Дано:
M = 30 кг
H = 2 м
D = 200 мм,
S = 1 м².
h = 0.5 м
h' = 0.3 м
Δm -?

Решение:
Уравнение моментов относительно оси коромысла для начального состояния:
$$(Mg - F_A) \cdot L = m_0 g \cdot (5L)$$
Выталкивающая сила в начальном состоянии
$$F_A = \rho_в g \cdot (\pi R^2 h)$$
Начальная масса груза.
$$m_0 = \frac{Mg - F_A}{5g} = \frac{M}{5} - \frac{F_A}{5g}$$
Уравнение моментов относительно оси коромысла для конечного состояния:
$$(Mg - F'_A) \cdot L = m_1 g \cdot (5L)$$

Выталкивающая сила в конечном состоянии

$$F'_A = \rho_в g \cdot (\pi R^2 h')$$

Конечная масса груза

$$m_1 = \frac{M}{5} - \frac{F'_A}{5g}$$

Масса груза, которую нужно снять

$$\Delta m = m_0 - m_1 = \left(\frac{M}{5} - \frac{F_A}{5g}\right) - \left(\frac{M}{5} - \frac{F'_A}{5g}\right) = \frac{F'_A - F_A}{5g}$$

Подставляем выражение для силы Архимеда

$$\Delta m = \frac{\rho_в g \pi R^2 (h' - h)}{5g} = \frac{\rho_в \pi R^2 (h' - h)}{5}$$

Численный ответ

Δm=-1,26 кг

Задача 4 (20 баллов)

В кастрюле находится 2 кг супа (по теплоёмкости эквивалентного воде) при температуре 95°C. Чтобы быстро его остудить до 40°C, повар переливает суп в холодную металлическую миску массой 0.5 кг, имеющую температуру 20°C, и оставляет его открытым, предполагая, что испарится некоторое количество воды. Какая масса супа испарится? Удельная теплота парообразования воды L = 2.26 МДж/кг, удельная теплоёмкость воды Св = 4200 Дж/(кг·°C), удельная теплоёмкость металла (алюминия) $C_м$ = 900 Дж/(кг·°C), Потерями тепла в окружающую среду во время процесса пренебречь.

Разбор задания:

Дано:

m_{c1} = 2 кг — начальная масса супа (воды).

t_{c1} = 95^{O}C — начальная температура супа.

t_K = 40^{O}C — конечная температура системы.

$m_м$ = 0.5 кг — масса металлической миски.

$t_{м1}$ = 20^{O}C — начальная температура миски.

L = 2.26 · 10^6 Дж/кг — удельная теплота парообразования воды.

$C_в$ = 4200 Дж/ (кг · °C) — удельная теплоемкость воды (супа).

$C_м$ = 900 Дж/ (кг · °C) — удельная теплоемкость металла миски.

$m_{исп}$ -? искомая масса испарившейся воды.

Решение:
Отданное тепло:

$$Q_{1отд} = C_в \cdot (m_{с1} - m_{исп}) \cdot (t_{с1} - t_к).$$

Тепло, полученное миской

$$Q_{2пол} = C_м \cdot m_м \cdot (t_к - t_{м1}).$$

Тепло, полученное испарившейся порцией (нагрев до кипения):

$$Q_{3пол} = C_в \cdot m_{исп} \cdot (t_{кип} - t_{с1}).$$

Тепло, полученное при испарении порции (парообразование):

$$Q_{4пол} = L \cdot m_{исп}.$$

Общее уравнение теплового баланса

$$Q_{1отд} = Q_{2пол} + Q_{3пол} + Q_{4пол}.$$

Произведем подстановки в уравнение теплового баланса

$$C_в(m_{с1} - m_{исп})(t_{с1} - t_к) = C_м m_м(t_к - t_{м1}) + C_в m_{исп}(t_{кип} - t_{с1}) + L m_{исп}.$$

Преобразуем уравнение теплового баланса

$$C_в m_{с1}(t_{с1} - t_к) - C_м m_м(t_к - t_{м1}) = m_{исп}\left[C_в(t_{кип} - t_к) + L\right].$$

Запишем ответ в общем виде

$$m_{исп} = \frac{C_в m_{с1}(t_{с1} - t_к) - C_м m_м(t_к - t_{м1})}{C_в(t_{кип} - t_к) + L}$$

Численный ответ

$m_{исп} \approx 0.18$ кг

Задача 5 (20 баллов)

Плоский конденсатор с расстоянием между обкладками d подключен к батарее с ЭДС $\mathcal{E}$. Внутреннее сопротивление батареи равно нулю. Пластины (обкладки) конденсатора имеют прямоугольную форму. Между обкладками конденсатора параллельно им с постоянной скоростью v вдвигают тонкую идеально проводящую пластину толщиной δ. Найдите силу тока в цепи. Начальное положение проводящей пластины находится у края конденсатора. Ширина пластин (перпендикулярно движению пластины) равна ω.

Разбор задания:
Дано:

Ширина пластин (перпендикулярно движению) ω.
Расстояние между пластинами: d
ЭДС батареи: ε
Толщина проводящей пластины: δ *(δ <d)*
Скорость движения пластины: v (постоянная)
Начальное положение проводящей пластины: у края конденсатора.
Пластина идеально проводящая, вдвигается параллельно обкладкам.
Батарея идеальная (внутренним сопротивлением пренебрегаем).

I - ?

Решение:
Длина пластин в направлении движения: L
Площадь каждой пластины S:
$\boldsymbol{S = L\omega}$
Положение проводящей пластины в момент времени t
Пластина вдвигается со скоростью v, начиная от края. За время t она прошла путь:
$x = vt$
Область А - часть, где проводящая пластина находится между обкладками
Площадь области А
$S_A = x\omega$
Область В -оставшаяся часть без проводящей пластины.
Площадь области В
$S_B = S - x\omega$
Электроёмкость области В

$$C_B = \frac{\varepsilon_0(S - xw)}{d}$$

В области А проводящая пластина толщиной δ5 расположена параллельно обкладкам. Будем считать, что она расположена симметрично между обкладками, так что воздушные зазоры сверху и снизу равны:

$$d_1 = d_2 = \frac{d-\delta}{2}$$

Ёмкость верхнего воздушного слоя в области А

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 xw}{(d-\delta)/2} = \frac{2\varepsilon_0 xw}{d-\delta}$$

Ёмкости верхнего и нижнего воздушных слоев в области А одинаковы, и соединены последовательно. Электроемкость области А

$$\frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{2}{C_1} = \frac{d-\delta}{\varepsilon_0 x w}$$

Области A и B соединены параллельно (общие обкладки). Электроемкость всего конденсатора

$$C_{\text{общ}} = C_A + C_B = \frac{\varepsilon_0 x w}{d-\delta} + \frac{\varepsilon_0 (S - xw)}{d}$$

Напряжение на конденсаторе

$$U = \mathcal{E}$$

Заряд конденсатора

$$Q = C_{\text{общ}} \cdot \mathcal{E}$$

Сила тока в цепи

$$I = \frac{dQ}{dt} = \mathcal{E} \cdot \frac{dC_{\text{общ}}}{dt}$$

$$\frac{dC_{\text{общ}}}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\varepsilon_0 \left(\frac{xw}{d-\delta} + \frac{S - xw}{d}\right)\right] = \varepsilon_0 w \frac{dx}{dt}\left(\frac{1}{d-\delta} - \frac{1}{d}\right)$$

$$\frac{dC_{\text{общ}}}{dt} = \varepsilon_0 w v \cdot \frac{\delta}{d(d-\delta)}$$

Ответ в общем виде

$$I = \mathcal{E} \cdot \varepsilon_0 w v \cdot \frac{\delta}{d(d-\delta)}$$