

ЗАДАНИЕ 1. Энергетический модуль (25 баллов).

Коллеги из О5 закончили испытания двух принципиально разных энергетических модулей: литий-полимерной батареи и блока суперконденсаторов. Нам разрешено выбрать, как приоритетному проекту, какой источник использовать в своем прототипе. Решить нужно немедленно. Поручаю эту задачу вам как дежурному физику.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Определить, с каким источником питания МЭТР сможет доставить больше грузов за 30 минут, перемещая их из пункта **В** (выдача) в пункт **Р** (разгрузка).

Алгоритм работы:

1. Зарядка до 100% в пункте **З**
2. Перемещение в пункт **В** и захват груза (если далее едет в **З**, груз не берёт)
3. Если оставшейся энергии достаточно для завершения шага 4 и движения до станции зарядки – перейти к шагу 4; иначе – перейти к зарядке.
4. Транспортировка груза в **Р** и разгрузка
5. Если оставшейся энергии достаточно для завершения шага 2 и движения до станции зарядки – перейти к шагу 2; иначе – перейти к зарядке.

Дано:

	Литий-полимерная батарея	Блок суперконденсаторов
Отдаваемая мощность при движении	2 кВт	25 кВт
Мощность зарядного устройства	3 500 Вт	1 000 Вт
Масса	60 кг	50 кг
Предел аккумулируемой энергии	950 000 Дж	480 000 Дж
КПД мотора-колеса	65%	95%
Масса МЭТРа без источника энергии	100 кг	
Масса груза	1000 кг	
Коэффициент трения качения	0,011	
Радиус колеса	0.1 м	
Расстояние между любыми пунктами	300 м	

Принять следующие допущения:

1. Ускорение и торможение происходят мгновенно (без затрат энергии);
2. Повороты в пунктах и на станции зарядки не требуют энергии;
1. Движение происходит с максимальной скоростью, определяемой параметрами источника, по горизонтальной плоскости.

Форма ответа:

1. Привести промежуточные формулы;
2. Для каждого источника указать:
 1. Количество перевезённых грузов к окончанию эксперимента;
 2. Этап алгоритма, на котором находился робот в конце эксперимента.
3. Выбрать наилучший источник.

ЗАДАНИЕ 2. Надавить и поехать (15 баллов).

При попытках сдвинуть ТЯПК-А оказалось, что МЭТР буксует и отлично роем землю. Это подходит под название платформы, но, к сожалению, совсем бесполезно в нашем случае.

Было принято решение перенести часть нагрузки с ТЯПКи на МЭТРа, чтобы увеличить силу трения его колес. Для этого робот будет упираться штоком в дно ТЯПКи, сжимая свою пружину (которая зачем-то там уже была) на какую-то величину. Рассчитайте эту величину и передайте выездной группе, пока они не закопались окончательно.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Найти минимальную величину сжатия пружины МЭТРа, при которой его колеса не будут проскальзывать при старте движения. Все три колеса приводные, одинаковые и имеют сферическую форму, причем радиус пятна контакта с поверхностью невероятно мал. ТЯПК-А - прямоугольная платформа на четырех парах колес, расположенных по углам. Шток МЭТРа касается платформы в геометрическом центре прямоугольника.

Дано:

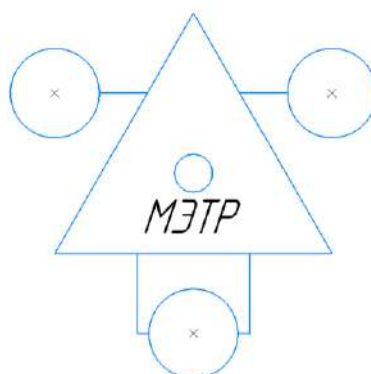
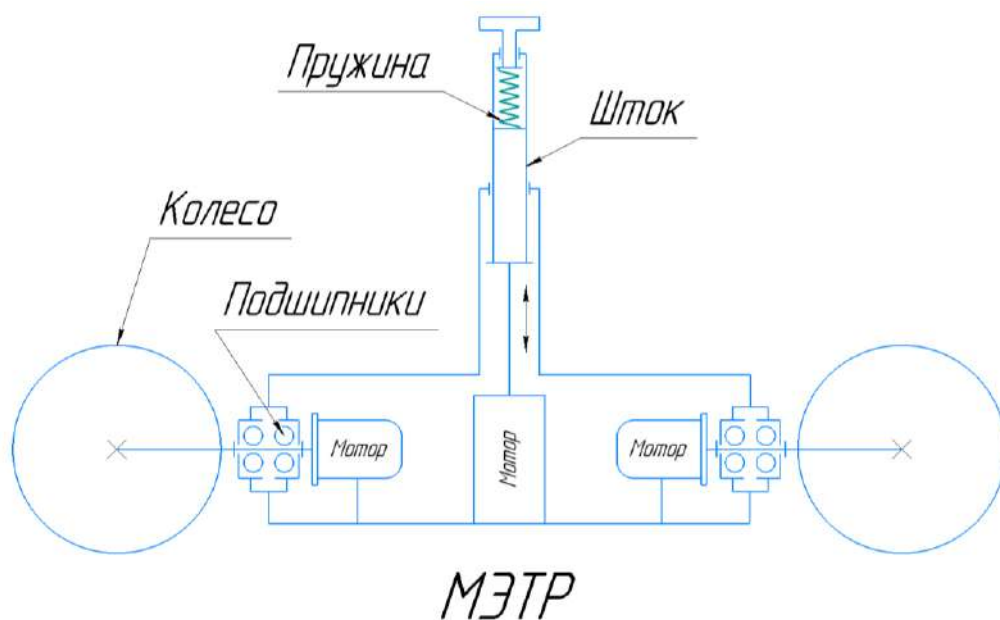
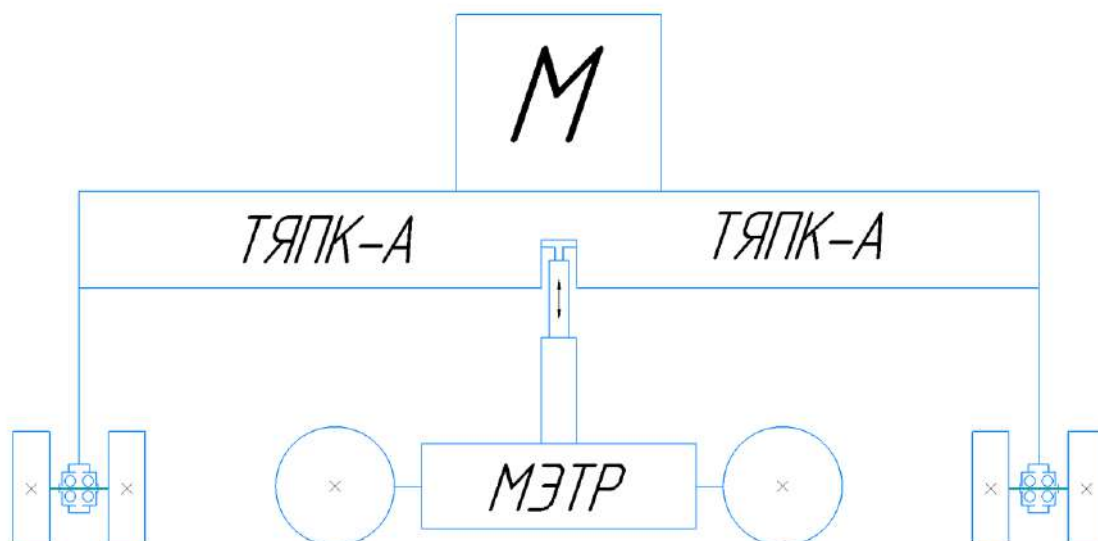
Коэффициент трения покоя	$k_{\text{тп}} = 0.85$
Коэффициент трения скольжения	$k_{\text{тс}} = 0.6$
Жесткость пружины	$k_{\text{пр}} = 50000 \text{ Н/м}$
Диаметр колеса	$D = 1 \text{ м}$
Радиус пятна контакта	$r = 5 \text{ см}$
Масса МЭТРа	$m_{\text{м}} = 234 \text{ кг}$
Масса ТЯПК-А с грузом	$m_{\text{т}} = 2.4 \text{ т}$
Вращающий момент, создаваемый на валу колеса	$M_{\text{к}} = 3000 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Принять следующие допущения:

1. Все колеса МЭТРа расположены симметрично относительно штока;
2. Вся конструкция имеет многократно большую жесткость, чем пружина в направлении рабочего сжатия;
3. Вал колеса МЭТРа прикреплен к центру сферы;
4. В исходном состоянии МЭТР неподвижен, колёса не вращаются;
5. Поверхность пола горизонтальна.

Форма ответа:

1. Предоставьте рисунок, на котором будут изображены колесо МЭТРа в контакте с полом и все силы, относящиеся к взаимодействию данных двух тел;
2. Предоставьте формулу расчета минимальной величины поджатия штока в общем виде с использованием переменных, представленных в задании;
3. Предоставьте численный результат расчетов в миллиметрах. Результат округлите до первых трех значащих цифр.



Упрощенная кинематическая модель МЭТРa в составе малой нагруженной ТЯПК-А представлена на рисунке ниже.

ЗАДАНИЕ 3. ХАХ (30 баллов).

Химически активный хладагент (ХАХ) состоит из двух компонентов: реагента и накопителя. После смешения компонентов раз в 20 минут происходит реакция, в ходе которой часть реагента превращается в накопитель за счёт аккумулированного ХАХом тепла, причем на время реакции теплообмен между раствором и другими телами останавливается. Реакция происходит очень быстро, и останавливается только когда раствор остынет до 100К, или когда закончится реагент.

ИскИн проекта “ТЯПК-А”

Задача:

Подобрать массы компонентов ХАХ так, чтобы в течение первого часа работы МЭТРа его температура оставалась в пределах от 120 К до 250 К.

Дано:

Удельная теплоемкость реагента	$10 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость накопителя	$1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость МЭТРа	$500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость реакции	$2000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Масса МЭТРа	200 кг
Выделяемое при работе тепло	2000 Вт
Начальная температура всех тел	200 К

Принять следующие допущения:

1. Теплообмен между всеми телами в системе происходит мгновенно;
2. Теплопотери в окружающую среду отсутствуют;
3. Компоненты ХАХа смешиваются, заправляются в МЭТР и эксперимент сразу начинается;
4. При реакции масса реагента, превращённая в накопитель, сохраняется (общая масса ХАХ неизменна).

Форма ответа:

1. Укажите выбранные массы компонентов ХАХа в кг;
2. Приведите промежуточные формулы;
3. Рассчитайте минимальную и максимальную температуру МЭТРа для всего эксперимента в кельвинах, округлив до трех значащих цифр.

ЗАДАНИЕ 4. Лазерная навигация (10 баллов).

В результате прошедших испытаний было установлено, что при загрузке ХАХа и работе в реальных условиях МЭТР довольно больно переезжает ноги обслуживающему персоналу. Было оперативно решено установить на робота датчики обратной связи. Мне, как искину, нравятся лазеры. Пожалуйста, подкрепите мою идею датчика расчетами, похожими на человеческие.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

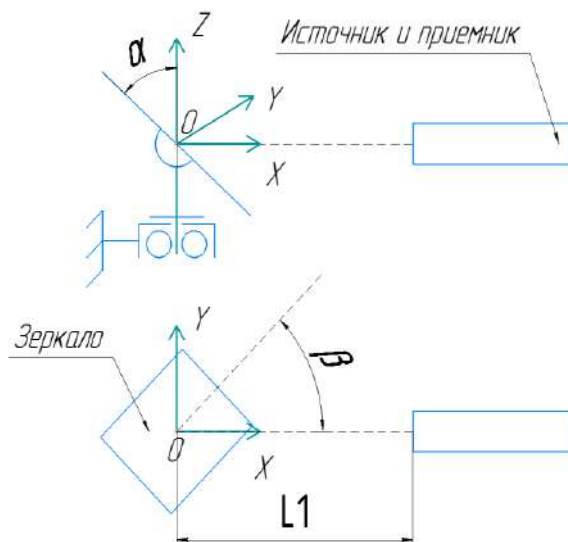
Лазерный сканер (лидар) МЭТРa, работающий по принципу TOF, измеряет расстояние до объекта для предотвращения столкновений и корректной навигации. На основе измеренных данных необходимо определить координаты точки (X, Y, Z) в декартовой системе координат, где центр совпадает с геометрическим центром зеркала.

Алгоритм работы лидара TOF:

1. Зеркало поворачивается на заданный угол;
2. Излучатель генерирует импульс, фиксируется время его испускания;
3. Импульс отражается от зеркала, затем от объекта и возвращается;
4. Приемник принимает импульс, фиксируется время его окончания;
5. Рассчитываются координаты XYZ точки в пространстве.

Дано:

Скорость света	$3 \cdot 10^8$ м/с
Время между испусканием и приемом	$3,3 \cdot 10^{-7}$ с
Угол наклона α	30°
Угол поворота β	60°
Расстояние L1	$8 \cdot 10^{-3}$ м



Принять следующие допущения:

1. Рассеянием в окружающей среде и любыми преломлениями пренебречь;
2. Считать, что зарегистрированное время – время между окончанием испускания и окончанием приема импульса.

Форма ответа:

1. Приведите промежуточные формулы;
2. Укажите координаты X, Y, Z в метрах с точностью до двух знаков после запятой.

ЗАДАНИЕ 5. Пора двигаться дальше (30 баллов).

МЭТРы с ТЯПК-Ами, ХАХами и ТОФами зарекомендовали себя, и прототипы отправляются в производство. Я вижу, как формируется заявление о твоем переводе в другой город, на другую должность. Это последний раз, когда я могу тебе что-то передать. Пусть это будет проект, который каждый раз появляется в моих снах.

ИскИн Тяпкина.

Задача:

Космический лифт состоит из станции, вращающейся по орбите вокруг планеты в плоскости экватора, и троса, соединяющего её с поверхностью.

Рассчитать минимальную массу станции, при которой она будет оставаться неподвижной относительно точки закрепления на планете.

Дано:

Радиус планеты	$6.378 \cdot 10^3 \text{ м}$
Масса планеты	$5.972 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Длина троса	$7 \cdot 10^7 \text{ м}$
Удельная масса троса	0.14 кг/м
Гравитационная постоянная	$6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$

Принять следующие допущения:

1. Гравитационным влиянием искусственных тел друг на друга и на планету, а также других астрономических тел на всю систему пренебречь;
2. Трос разделить на три равных отрезка для простоты расчетов. Каждый из них представить как материальную точку в середине его длины, соединенную с другими телами невесомыми нерастяжимыми нитями.
3. Трос натянут строго по нормали к поверхности планеты
4. Период оборота планеты вокруг своей оси равен 24 ч.

Форма ответа:

1. Нарисуй систему планета - космический лифт, на которой будут указаны линейные скорости, расстояния и все силы;
2. Приведи промежуточные формулы расчетов;
3. Укажи минимальную массу станции в кг, округли до первых трех значащих цифр.

ЗАДАНИЕ 1. Энергетический модуль (25 баллов).

Коллеги из О5 закончили испытания двух принципиально разных энергетических модулей: литий-полимерной батареи и блока суперконденсаторов. Нам разрешено выбрать, как приоритетному проекту, какой источник использовать в своем прототипе. Решить нужно немедленно. Поручаю эту задачу вам как дежурному физику.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Определить, с каким источником питания МЭТР сможет доставить больше грузов за 30 минут, перемещая их из пункта **В** (выдача) в пункт **Р** (разгрузка).

Алгоритм работы:

1. Зарядка до 100% в пункте **З**
2. Перемещение в пункт **В** и захват груза
3. Если оставшейся энергии достаточно для завершения шага 4 и движения до станции зарядки – перейти к шагу 4; иначе – перейти к зарядке.
4. Транспортировка груза в **Р** и разгрузка
5. Если оставшейся энергии достаточно для завершения шага 2 и движения до станции зарядки – перейти к шагу 2; иначе – перейти к зарядке.

Дано:

	Литий-полимерная батарея	Блок суперконденсаторов
Отдаваемая мощность при движении	3 кВт	25 кВт
Мощность зарядного устройства	2 кВт	2 кВт
Масса	160 кг	50 кг
Предел аккумулируемой энергии	950 000 Дж	480 000 Дж
КПД мотора-колеса	65%	95%
Масса МЭТРа без источника энергии	100 кг	
Масса груза	1000 кг	
Коэффициент трения качения	0,011	
Радиус колеса	0.1м	
Расстояние между любыми пунктами	300 м	

Принять следующие допущения:

- Ускорение и торможение происходят мгновенно (без затрат энергии);
- Повороты в пунктах и на станции зарядки не требуют энергии;
- Движение происходит с максимальной скоростью, определяемой параметрами источника, по горизонтальной плоскости.

Форма ответа:

1. Привести промежуточные формулы;
2. Для каждого источника указать:
 - Количество перевезённых грузов к окончанию эксперимента;
 - Этап алгоритма, на котором находился робот в конце эксперимента.
3. Выбрать наилучший источник.

ЗАДАНИЕ 2. Надавить и поехать (15 баллов).

При попытках сдвинуть ТЯПК-А оказалось, что МЭТР буксует и отлично роет землю. Это подходит под название платформы, но, к сожалению, совсем бесполезно в нашем случае.

Было принято решение перенести часть нагрузки с ТЯПКи на МЭТРа, чтобы увеличить силу трения его колес. Для этого робот будет упираться штоком в дно ТЯПКи, сжимая свою пружину (которая зачем-то там уже была) на какую-то величину. Рассчитайте эту величину и передайте выездной группе, пока они не закопались окончательно.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Найти минимальную величину сжатия пружины МЭТРа, при которой его колеса не будут проскальзывать при старте движения. Все три колеса приводные, одинаковые и имеют сферическую форму, причем радиус пятна контакта с поверхностью невероятно мал. ТЯПК-А - прямоугольная платформа на четырех парах колес, расположенных по углам. Шток МЭТРа касается платформы в геометрическом центре прямоугольника.

Дано:

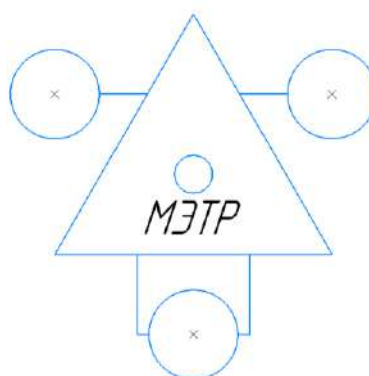
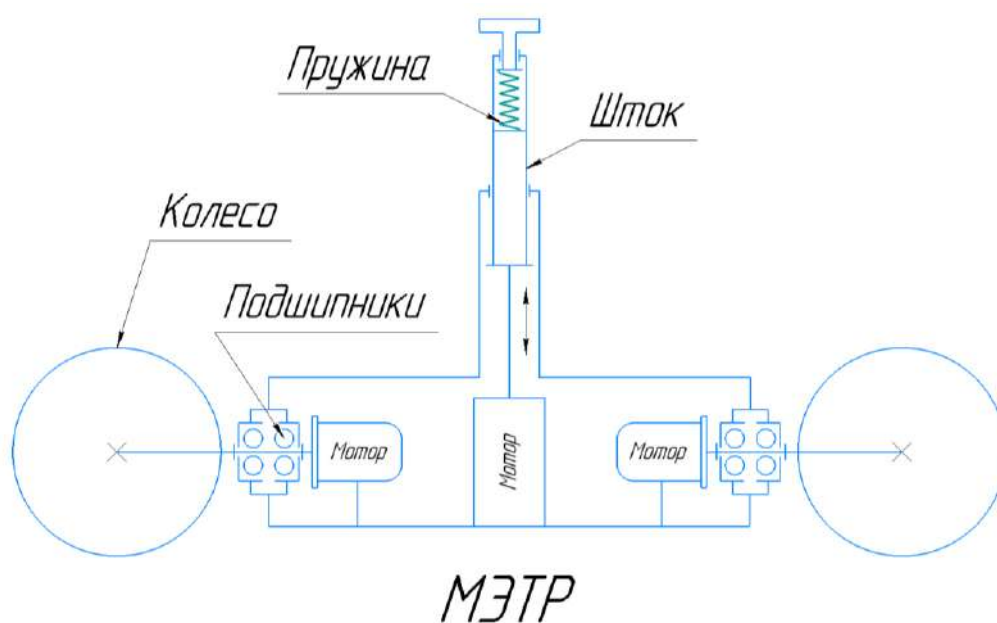
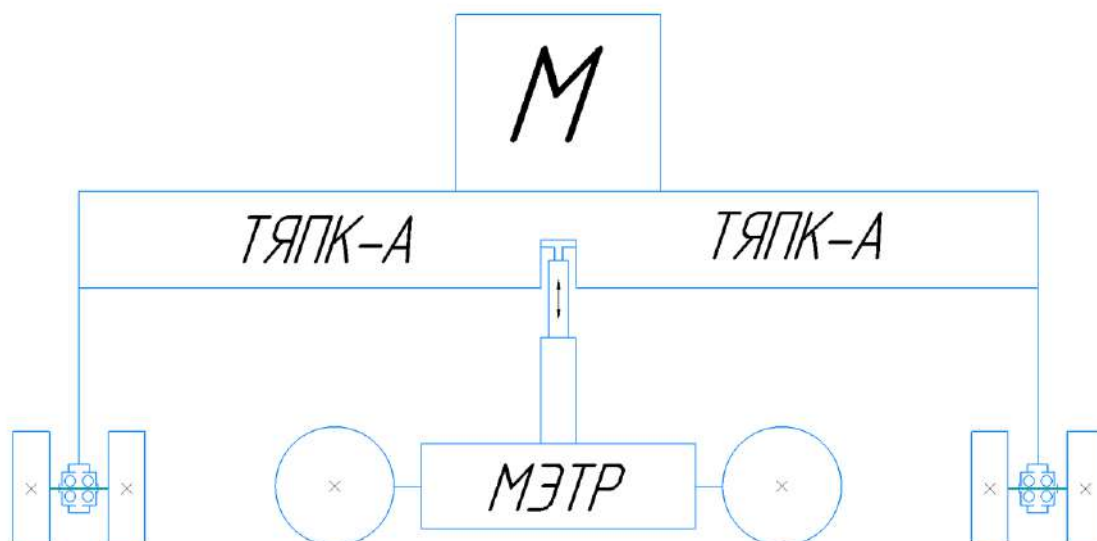
Коэффициент трения покоя	$k_{\text{тп}} = 0.75$
Коэффициент трения скольжения	$k_{\text{тс}} = 0.6$
Жесткость пружины	$k_{\text{пр}} = 25000 \text{ Н/м}$
Диаметр колеса	$D = 2 \text{ м}$
Радиус пятна контакта	$r = 15 \text{ см}$
Масса МЭТРа	$m_{\text{м}} = 134 \text{ кг}$
Масса ТЯПК-А с грузом	$m_{\text{т}} = 2.4 \text{ т}$
Вращающий момент, создаваемый на валу колеса	$M_{\text{к}} = 2000 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Принять следующие допущения:

1. Все колеса МЭТРа расположены симметрично относительно штока;
2. Вся конструкция имеет многократно большую жесткость, чем пружина в направлении рабочего сжатия;
3. Вал колеса МЭТРа прикреплен к центру сферы;
4. В исходном состоянии МЭТР неподвижен, колёса не вращаются;
5. Поверхность пола горизонтальна.

Форма ответа:

1. Предоставьте рисунок, на котором будут изображены колесо МЭТРа в контакте с полом и все силы, относящиеся к взаимодействию данных двух тел;
2. Предоставьте формулу расчета минимальной величины поджатия штока в общем виде с использованием переменных, представленных в задании;
3. Предоставьте численный результат расчетов в миллиметрах. Результат округлите до первых трех значащих цифр.



Упрощенная кинематическая модель МЭТРa в составе малой загруженной ТЯПК-А представлена на рисунке ниже.

ЗАДАНИЕ 3. ХАХ (30 баллов).

Химически активный хладагент (ХАХ) состоит из двух компонентов: реагента и накопителя. После смешения компонентов раз в 20 минут происходит реакция, в ходе которой часть реагента превращается в накопитель за счёт аккумулированного ХАХом тепла, причем на время реакции теплообмен между раствором и другими телами останавливается. Реакция происходит очень быстро, и останавливается только когда раствор остынет до 100К, или когда закончится реагент.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Подобрать массы компонентов ХАХ так, чтобы в течение первого часа работы МЭТРа его температура оставалась в пределах от 150 К до 245 К.

Дано:

Удельная теплоемкость реагента	$100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость накопителя	$1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость МЭТРа	$500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость реакции	$2000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Масса МЭТРа	100 кг
Выделяемое при работе тепло	2000 Вт
Начальная температура всех тел	200 К

Принять следующие допущения:

1. Теплообмен между всеми телами в системе происходит мгновенно;
2. Теплопотери в окружающую среду отсутствуют;
3. Компоненты ХАХа смешиваются, заправляются в МЭТР и эксперимент сразу начинается;
4. При реакции масса реагента, превращённая в накопитель, сохраняется (общая масса ХАХ неизменна).

Форма ответа:

1. Укажите выбранные массы компонентов ХАХа в кг;
2. Приведите промежуточные формулы;
3. Рассчитайте минимальную и максимальную температуру МЭТРа для всего эксперимента в кельвинах, округлив до трех значащих цифр.

ЗАДАНИЕ 4. Лазерная навигация (10 баллов).

В результате прошедших испытаний было установлено, что при загрузке ХАХа и работе в реальных условиях МЭТР довольно больно переезжает ноги обслуживающему персоналу. Было оперативно решено установить на робота датчики обратной связи. Мне, как искину, нравятся лазеры. Пожалуйста, подкрепите мою идею датчика расчетами, похожими на человеческие.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

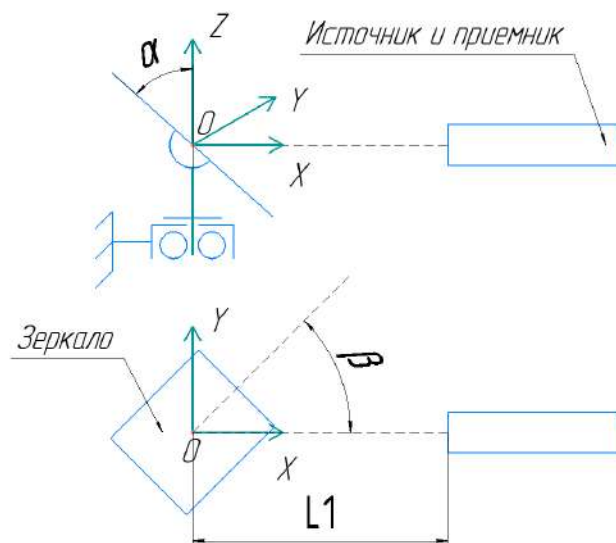
Лазерный сканер (лидар) МЭТРa, работающий по принципу TOF, измеряет расстояние до объекта для предотвращения столкновений и корректной навигации. На основе измеренных данных необходимо определить координаты точки (X, Y, Z) в декартовой системе координат, где центр совпадает с геометрическим центром зеркала.

Алгоритм работы лидара TOF:

1. Зеркало поворачивается на заданный угол;
2. Излучатель генерирует импульс, фиксируется время его испускания;
3. Импульс отражается от зеркала, затем от объекта и возвращается;
4. Приемник принимает импульс, фиксируется время его окончания;
5. Рассчитываются координаты XYZ точки в пространстве.

Дано:

Скорость света	$3 \cdot 10^8$ м/с
Время между испусканием и приемом	$7,75 \cdot 10^{-7}$ с
Угол наклона α	45°
Угол поворота β	45°
Расстояние L1	$8 \cdot 10^{-3}$ м



Принять следующие допущения:

1. Рассеянием в окружающей среде и любыми преломлениями пренебречь;
2. Считать, что зарегистрированное время – время между окончанием испускания и окончанием приема импульса.

Форма ответа:

1. Приведите промежуточные формулы;
2. Укажите координаты X, Y, Z в метрах с точностью до двух знаков после запятой.

ЗАДАНИЕ 5. Пора двигаться дальше (30 баллов).

МЭТРы с ТЯПК-Ами, ХАХами и ТОФами зарекомендовали себя, и прототипы отправляются в производство. Я вижу, как формируется заявление о твоем переводе в другой город, на другую должность. Это последний раз, когда я могу тебе что-то передать. Пусть это будет проект, который каждый раз появляется в моих снах.

ИскИн Тяпкина.

Задача:

Космический лифт состоит из станции, вращающейся по орбите вокруг планеты в плоскости экватора, и троса, соединяющего её с поверхностью.

Рассчитать минимальную массу станции, при которой она будет оставаться неподвижной относительно точки закрепления на планете.

Дано:

Радиус планеты	$6.378 \cdot 10^3 \text{ м}$
Масса планеты	$5.972 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Длина троса	$9 \cdot 10^7 \text{ м}$
Удельная масса троса	0.45 кг/м
Гравитационная постоянная	$6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$

Принять следующие допущения:

1. Гравитационным влиянием искусственных тел друг на друга и на планету, а также других астрономических тел на всю систему пренебречь;
2. Трос разделить на три равных отрезка для простоты расчетов. Каждый из них представить как материальную точку в середине его длины, соединенную с другими телами невесомыми нерастяжимыми нитями.
3. Трос натянут строго по нормали к поверхности планеты
4. Период оборота планеты вокруг своей оси равен 24 ч.

Форма ответа:

1. Нарисуй систему планета - космический лифт, на которой будут указаны линейные скорости, расстояния и все силы;
2. Приведи промежуточные формулы расчетов;
3. Укажи минимальную массу станции в кг, округли до первых трех значащих цифр.

ЗАДАНИЕ 1. Энергетический модуль (25 баллов).

Коллеги из О5 закончили испытания двух принципиально разных энергетических модулей: литий-полимерной батареи и блока суперконденсаторов. Нам разрешено выбрать, как приоритетному проекту, какой источник использовать в своем прототипе. Решить нужно немедленно. Поручаю эту задачу вам как дежурному физику.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Определить, с каким источником питания МЭТР сможет доставить больше грузов за 30 минут, перемещая их из пункта В (выдача) в пункт Р (разгрузка).

Алгоритм работы:

1. Зарядка до 100% в пункте З
2. Перемещение в пункт В и захват груза
3. Если оставшейся энергии достаточно для завершения шага 4 и движения до станции зарядки – перейти к шагу 4; иначе – перейти к зарядке.
4. Транспортировка груза в Р и разгрузка
5. Если оставшейся энергии достаточно для завершения шага 2 и движения до станции зарядки – перейти к шагу 2; иначе – перейти к зарядке.

Дано:

	Литий-полимерная батарея	Блок суперконденсаторов
Отдаваемая мощность при движении	1 кВт	25 кВт
Мощность зарядного устройства	1 кВт	20 кВт
Масса	160 кг	50 кг
Предел аккумулируемой энергии	505 000 Дж	200 000 Дж
КПД мотора-колеса	45%	95%
Масса МЭТРа без источника энергии	50 кг	
Масса груза	50 кг	
Коэффициент трения качения	0,011	
Радиус колеса	0.1 м	
Расстояние между любыми пунктами	300 м	

Принять следующие допущения:

- Ускорение и торможение происходят мгновенно (без затрат энергии);
- Повороты в пунктах и на станции зарядки не требуют энергии;
- Движение происходит с максимальной скоростью, определяемой параметрами источника, по горизонтальной плоскости.

Форма ответа:

1. Привести промежуточные формулы;
2. Для каждого источника указать:
 - Количество перевезённых грузов к окончанию эксперимента;
 - Этап алгоритма, на котором находился робот в конце эксперимента.
3. Выбрать наилучший источник.

ЗАДАНИЕ 2. Надавить и поехать (15 баллов).

При попытках сдвинуть ТЯПК-А оказалось, что МЭТР буксует и отлично роет землю. Это подходит под название платформы, но, к сожалению, совсем бесполезно в нашем случае.

Было принято решение перенести часть нагрузки с ТЯПКи на МЭТРа, чтобы увеличить силу трения его колес. Для этого робот будет упираться штоком в дно ТЯПКи, сжимая свою пружину (которая зачем-то там уже была) на какую-то величину. Рассчитайте эту величину и передайте выездной группе, пока они не закопались окончательно.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Найти минимальную величину сжатия пружины МЭТРа, при которой его колеса не будут проскальзывать при старте движения. Все три колеса приводные, одинаковые и имеют сферическую форму, причем радиус пятна контакта с поверхностью невероятно мал. ТЯПК-А - прямоугольная платформа на четырех парах колес, расположенных по углам. Шток МЭТРа касается платформы в геометрическом центре прямоугольника.

Дано:

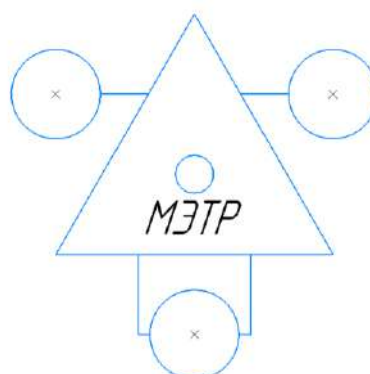
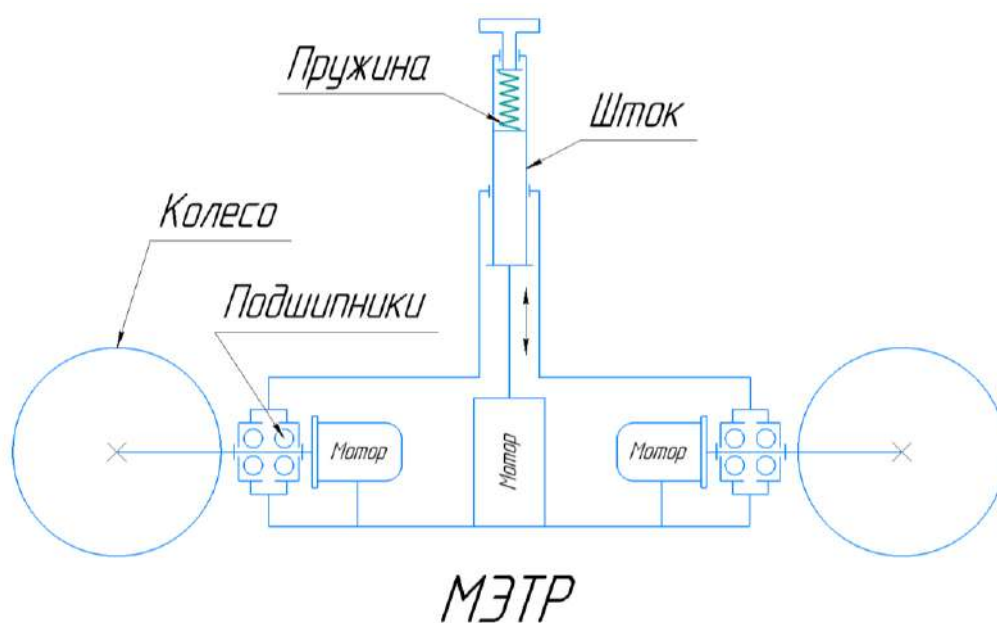
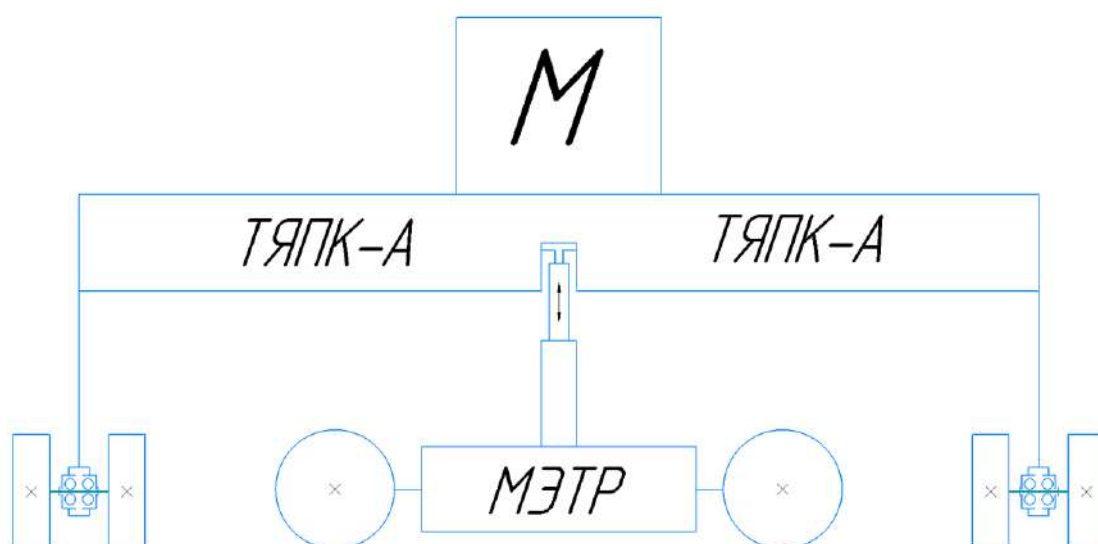
Коэффициент трения покоя	$k_{\text{тп}} = 0.75$
Коэффициент трения скольжения	$k_{\text{тс}} = 0.6$
Жесткость пружины	$k_{\text{пр}} = 25000 \text{ Н/м}$
Диаметр колеса	$D = 2 \text{ м}$
Радиус пятна контакта	$r = 15 \text{ см}$
Масса МЭТРа	$m_{\text{м}} = 834 \text{ кг}$
Масса ТЯПК-А с грузом	$m_{\text{т}} = 2.8 \text{ т}$
Вращающий момент, создаваемый на валу колеса	$M_{\text{к}} = 8000 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Принять следующие допущения:

1. Все колеса МЭТРа расположены симметрично относительно штока;
2. Вся конструкция имеет многократно большую жесткость, чем пружина в направлении рабочего сжатия;
3. Вал колеса МЭТРа прикреплен к центру сферы;
4. В исходном состоянии МЭТР неподвижен, колёса не вращаются;
5. Поверхность пола горизонтальна.

Форма ответа:

1. Предоставьте рисунок, на котором будут изображены колесо МЭТРа в контакте с полом и все силы, относящиеся к взаимодействию данных двух тел;
2. Предоставьте формулу расчета минимальной величины поджатия штока в общем виде с использованием переменных, представленных в задании;
3. Предоставьте численный результат расчетов в миллиметрах. Результат округлите до первых трех значащих цифр.



Упрощенная кинематическая модель МЭТРa в составе малой загруженной ТЯПК-А представлена на рисунке ниже.

ЗАДАНИЕ 3. ХАХ (30 баллов).

Химически активный хладагент (ХАХ) состоит из двух компонентов: реагента и накопителя. После смешения компонентов раз в 20 минут происходит реакция, в ходе которой часть реагента превращается в накопитель за счёт аккумулированного ХАХом тепла, причем на время реакции теплообмен между раствором и другими телами останавливается. Реакция происходит очень быстро, и останавливается только когда раствор остынет до 100К, или когда закончится реагент.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Подобрать массы компонентов ХАХ так, чтобы в течение первого часа работы МЭТРа его температура оставалась в пределах от 190 К до 245 К.

Дано:

Удельная теплоемкость реагента	$100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость накопителя	$5000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость МЭТРа	$500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость реакции	$8000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Масса МЭТРа	100 кг
Выделяемое при работе тепло	1000 Вт
Начальная температура всех тел	200 К

Принять следующие допущения:

1. Теплообмен между всеми телами в системе происходит мгновенно;
2. Теплотери в окружающую среду отсутствуют;
3. Компоненты ХАХа смешиваются, заправляются в МЭТР и эксперимент сразу начинается;
4. При реакции масса реагента, превращённая в накопитель, сохраняется (общая масса ХАХ неизменна).

Форма ответа:

1. Укажите выбранные массы компонентов ХАХа в кг;
2. Приведите промежуточные формулы;
3. Рассчитайте минимальную и максимальную температуру МЭТРа для всего эксперимента в кельвинах, округлив до трех значащих цифр.

ЗАДАНИЕ 4. Лазерная навигация (10 баллов).

В результате прошедших испытаний было установлено, что при загрузке ХАХа и работе в реальных условиях МЭТР довольно больно переезжает ноги обслуживающему персоналу. Было оперативно решено установить на робота датчики обратной связи. Мне, как искину, нравятся лазеры. Пожалуйста, подкрепите мою идею датчика расчетами, похожими на человеческие.

Искин проекта "ТЯПК-А"

Задача:

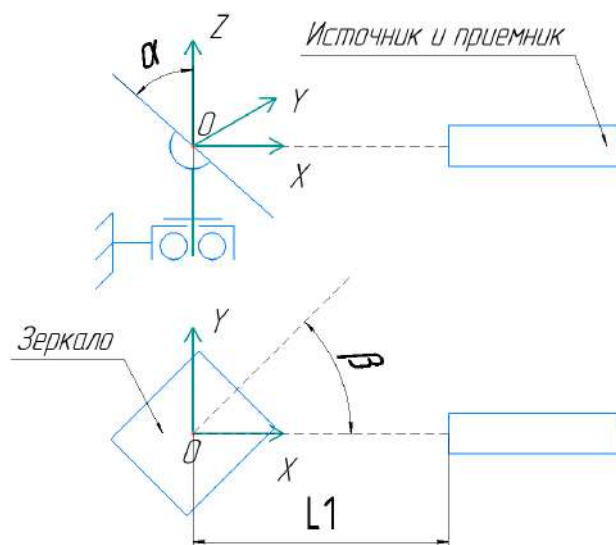
Лазерный сканер (лидар) МЭТРa, работающий по принципу TOF, измеряет расстояние до объекта для предотвращения столкновений и корректной навигации. На основе измеренных данных необходимо определить координаты точки (X, Y, Z) в декартовой системе координат, где центр совпадает с геометрическим центром зеркала.

Алгоритм работы лидара TOF:

1. Зеркало поворачивается на заданный угол;
2. Излучатель генерирует импульс, фиксируется время его испускания;
3. Импульс отражается от зеркала, затем от объекта и возвращается;
4. Приемник принимает импульс, фиксируется время его окончания;
5. Рассчитываются координаты XYZ точки в пространстве.

Дано:

Скорость света	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Время между испусканием и приемом	$7,75 \cdot 10^{-7} \text{ с}$
Угол наклона α	45°
Угол поворота β	0°
Расстояние L1	$8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$



Принять следующие допущения:

1. Рассеянием в окружающей среде и любыми преломлениями пренебречь;
2. Считать, что зарегистрированное время – время между окончанием испускания и окончанием приема импульса.

Форма ответа:

1. Приведите промежуточные формулы;
2. Укажите координаты X, Y, Z в метрах с точностью до двух знаков после запятой.

ЗАДАНИЕ 5. Пора двигаться дальше (30 баллов).

МЭТРы с ТЯПК-Ами, ХАХами и ТОФами зарекомендовали себя, и прототипы отправляются в производство. Я вижу, как формируется заявление о твоем переводе в другой город, на другую должность. Это последний раз, когда я могу тебе что-то передать. Пусть это будет проект, который каждый раз появляется в моих снах.

ИскИн Тяпкина.

Задача:

Космический лифт состоит из станции, вращающейся по орбите вокруг планеты в плоскости экватора, и троса, соединяющего её с поверхностью.

Рассчитать минимальную массу станции, при которой она будет оставаться неподвижной относительно точки закрепления на планете.

Дано:

Радиус планеты	$6.378 \cdot 10^3 \text{ м}$
Масса планеты	$5.972 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Длина троса	$1,01 \cdot 10^8 \text{ м}$
Удельная масса троса	0.45 кг/м
Гравитационная постоянная	$6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$

Принять следующие допущения:

1. Гравитационным влиянием искусственных тел друг на друга и на планету, а также других астрономических тел на всю систему пренебречь;
2. Трос разделить на три равных отрезка для простоты расчетов. Каждый из них представить как материальную точку в середине его длины, соединенную с другими телами невесомыми нерастяжимыми нитями.
3. Трос натянут строго по нормали к поверхности планеты
4. Период оборота планеты вокруг своей оси равен 24 ч.

Форма ответа:

1. Нарисуй систему планета - космический лифт, на которой будут указаны линейные скорости, расстояния и все силы;
2. Приведи промежуточные формулы расчетов;
3. Укажи минимальную массу станции в кг, округли до первых трех значащих цифр.

ЗАДАНИЕ 1. Энергетический модуль (25 баллов).

Коллеги из О5 закончили испытания двух принципиально разных энергетических модулей: литий-полимерной батареи и блока суперконденсаторов. Нам разрешено выбрать, как приоритетному проекту, какой источник использовать в своем прототипе. Решить нужно немедленно. Поручаю эту задачу вам как дежурному физику.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Определить, с каким источником питания МЭТР сможет доставить больше грузов за 30 минут, перемещая их из пункта **В** (выдача) в пункт **Р** (разгрузка).

Алгоритм работы:

1. Зарядка до 100% в пункте **З**
2. Перемещение в пункт **В** и захват груза
3. Если оставшейся энергии достаточно для завершения шага 4 и движения до станции зарядки – перейти к шагу 4; иначе – перейти к зарядке.
4. Транспортировка груза в **Р** и разгрузка
5. Если оставшейся энергии достаточно для завершения шага 2 и движения до станции зарядки – перейти к шагу 2; иначе – перейти к зарядке.

Дано:

	Литий-полимерная батарея	Блок суперконденсаторов
Отдаваемая мощность при движении	2 кВт	25 кВт
Мощность зарядного устройства	3 500 Вт	1 000 Вт
Масса	60 кг	150 кг
Предел аккумулируемой энергии	950 000 Дж	680 000 Дж
КПД мотора-колеса	75%	95%
Масса МЭТРа без источника энергии	100 кг	
Масса груза	1000 кг	
Коэффициент трения качения	0,011	
Радиус колеса	0.15 м	
Расстояние между любыми пунктами	400 м	

Принять следующие допущения:

- Ускорение и торможение происходят мгновенно (без затрат энергии);
- Повороты в пунктах и на станции зарядки не требуют энергии;
- Движение происходит с максимальной скоростью, определяемой параметрами источника, по горизонтальной плоскости.

Форма ответа:

1. Привести промежуточные формулы;
2. Для каждого источника указать:
 - Количество перевезённых грузов к окончанию эксперимента;
 - Этап алгоритма, на котором находился робот в конце эксперимента.
3. Выбрать наилучший источник.

ЗАДАНИЕ 2. Надавить и поехать (15 баллов).

При попытках сдвинуть ТЯПК-А оказалось, что МЭТР буксует и отлично роет землю. Это подходит под название платформы, но, к сожалению, совсем бесполезно в нашем случае.

Было принято решение перенести часть нагрузки с ТЯПКи на МЭТРа, чтобы увеличить силу трения его колес. Для этого робот будет упираться штоком в дно ТЯПКи, сжимая свою пружину (которая зачем-то там уже была) на какую-то величину. Рассчитайте эту величину и передайте выездной группе, пока они не закопались окончательно.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Найти минимальную величину сжатия пружины МЭТРа, при которой его колеса не будут проскальзывать при старте движения. Все три колеса приводные, одинаковые и имеют сферическую форму, причем радиус пятна контакта с поверхностью невероятно мал. ТЯПК-А - прямоугольная платформа на четырех парах колес, расположенных по углам. Шток МЭТРа касается платформы в геометрическом центре прямоугольника.

Дано:

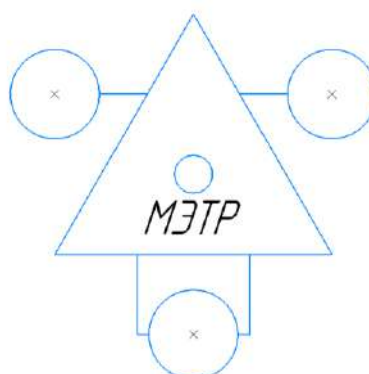
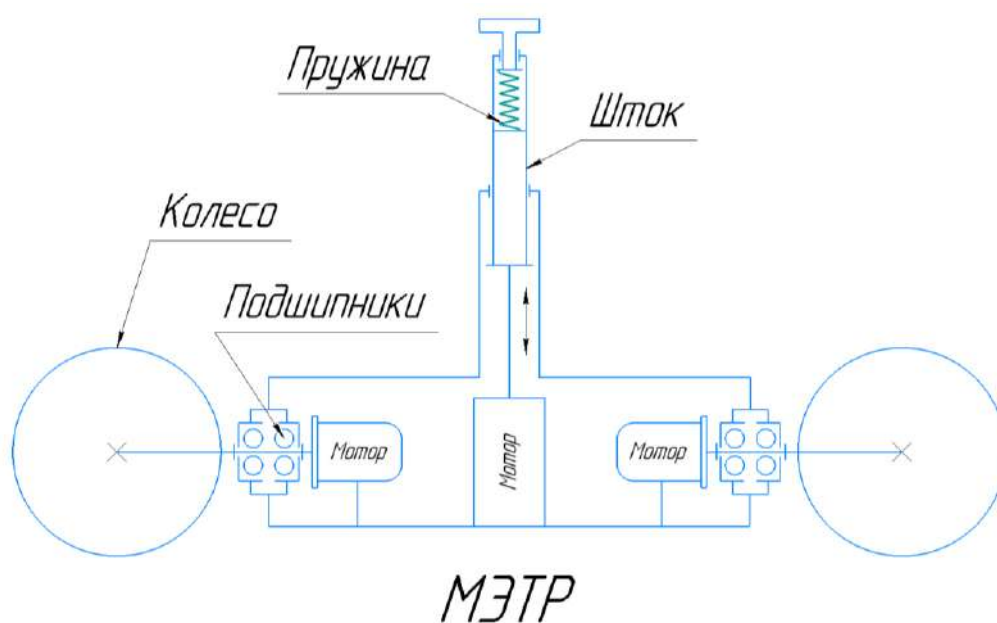
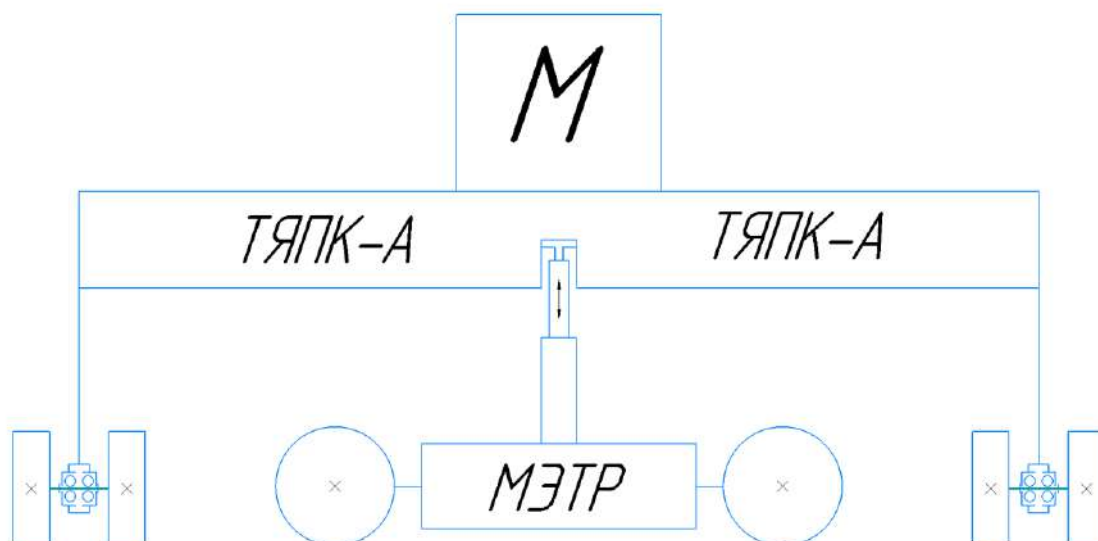
Коэффициент трения покоя	$k_{\text{ТП}} = 0.9$
Коэффициент трения скольжения	$k_{\text{ТС}} = 0.6$
Жесткость пружины	$k_{\text{пр}} = 4000 \text{ Н/м}$
Диаметр колеса	$D = 1 \text{ м}$
Радиус пятна контакта	$r = 5 \text{ см}$
Масса МЭТРа	$m_{\text{м}} = 100 \text{ кг}$
Масса ТЯПК-А с грузом	$m_{\text{т}} = 12.4 \text{ т}$
Вращающий момент, создаваемый на валу колеса	$M_{\text{к}} = 8000 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Принять следующие допущения:

1. Все колеса МЭТРа расположены симметрично относительно штока;
2. Вся конструкция имеет многократно большую жесткость, чем пружина в направлении рабочего сжатия;
3. Вал колеса МЭТРа прикреплен к центру сферы;
4. В исходном состоянии МЭТР неподвижен, колёса не вращаются;
5. Поверхность пола горизонтальна.

Форма ответа:

1. Предоставьте рисунок, на котором будут изображены колесо МЭТРа в контакте с полом и все силы, относящиеся к взаимодействию данных двух тел;
2. Предоставьте формулу расчета минимальной величины поджатия штока в общем виде с использованием переменных, представленных в задании;
3. Предоставьте численный результат расчетов в миллиметрах. Результат округлите до первых трех значащих цифр.



Упрощенная кинематическая модель МЭТРa в составе малой загруженной ТЯПК-А представлена на рисунке ниже.

ЗАДАНИЕ 3. ХАХ (30 баллов).

Химически активный хладагент (ХАХ) состоит из двух компонентов: реагента и накопителя. После смешения компонентов раз в 20 минут происходит реакция, в ходе которой часть реагента превращается в накопитель за счёт аккумулированного ХАХом тепла, причем на время реакции теплообмен между раствором и другими телами останавливается. Реакция происходит очень быстро, и останавливается только когда раствор остынет до 100К, или когда закончится реагент.

ИскИн проекта "ТЯПК-А"

Задача:

Подобрать массы компонентов ХАХ так, чтобы в течение первого часа работы МЭТРа его температура оставалась в пределах от 150 К до 300 К.

Дано:

Удельная теплоемкость реагента	$10 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость накопителя	$1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость МЭТРа	$500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Удельная теплоемкость реакции	$2000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Масса МЭТРа	200 кг
Выделяемое при работе тепло	2000 Вт
Начальная температура всех тел	250 К

Принять следующие допущения:

1. Теплообмен между всеми телами в системе происходит мгновенно;
2. Теплотери в окружающую среду отсутствуют;
3. Компоненты ХАХа смешиваются, заправляются в МЭТР и эксперимент сразу начинается;
4. При реакции масса реагента, превращённая в накопитель, сохраняется (общая масса ХАХ неизменна).

Форма ответа:

1. Укажите выбранные массы компонентов ХАХа в кг;
2. Приведите промежуточные формулы;
3. Рассчитайте минимальную и максимальную температуру МЭТРа для всего эксперимента в кельвинах, округлив до трех значащих цифр.

ЗАДАНИЕ 4. Лазерная навигация (10 баллов).

В результате прошедших испытаний было установлено, что при загрузке ХАХа и работе в реальных условиях МЭТР довольно больно переезжает ноги обслуживающему персоналу. Было оперативно решено установить на робота датчики обратной связи. Мне, как искину, нравятся лазеры. Пожалуйста, подкрепите мою идею датчика расчетами, похожими на человеческие.

Искин проекта "ТЯПК-А"

Задача:

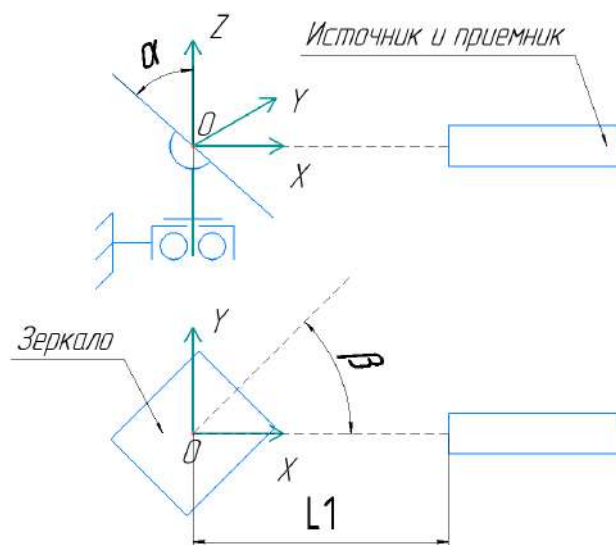
Лазерный сканер (лидар) МЭТРа, работающий по принципу TOF, измеряет расстояние до объекта для предотвращения столкновений и корректной навигации. На основе измеренных данных необходимо определить координаты точки (X, Y, Z) в декартовой системе координат, где центр совпадает с геометрическим центром зеркала.

Алгоритм работы лидара TOF:

1. Зеркало поворачивается на заданный угол;
2. Излучатель генерирует импульс, фиксируется время его испускания;
3. Импульс отражается от зеркала, затем от объекта и возвращается;
4. Приемник принимает импульс, фиксируется время его окончания;
5. Рассчитываются координаты XYZ точки в пространстве.

Дано:

Скорость света	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Время между испусканием и приемом	$14 \cdot 10^{-6} \text{ с}$
Угол наклона α	60°
Угол поворота β	60°
Расстояние L1	$8,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$



Принять следующие допущения:

1. Рассеянием в окружающей среде и любыми преломлениями пренебречь;
2. Считать, что зарегистрированное время – время между окончанием испускания и окончанием приема импульса.

Форма ответа:

1. Приведите промежуточные формулы;
2. Укажите координаты X, Y, Z в метрах с точностью до двух знаков после запятой.

ЗАДАНИЕ 5. Пора двигаться дальше (30 баллов).

МЭТРы с ТЯПК-Ами, ХАХами и ТОФами зарекомендовали себя, и прототипы отправляются в производство. Я вижу, как формируется заявление о твоем переводе в другой город, на другую должность. Это последний раз, когда я могу тебе что-то передать. Пусть это будет проект, который каждый раз появляется в моих снах.

ИскИн Тяпкина.

Задача:

Космический лифт состоит из станции, вращающейся по орбите вокруг планеты в плоскости экватора, и троса, соединяющего её с поверхностью.

Рассчитать минимальную массу станции, при которой она будет оставаться неподвижной относительно точки закрепления на планете.

Дано:

Радиус планеты	$6.378 \cdot 10^3 \text{ м}$
Масса планеты	$5.972 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Длина троса	$5 \cdot 10^7 \text{ м}$
Удельная масса троса	0.893 кг/м
Гравитационная постоянная	$6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$

Принять следующие допущения:

1. Гравитационным влиянием искусственных тел друг на друга и на планету, а также других астрономических тел на всю систему пренебречь;
2. Трос разделить на три равных отрезка для простоты расчетов. Каждый из них представить как материальную точку в середине его длины, соединенную с другими телами невесомыми нерастяжимыми нитями.
3. Трос натянут строго по нормали к поверхности планеты
4. Период оборота планеты вокруг своей оси равен 24 ч.

Форма ответа:

1. Нарисуй систему планета - космический лифт, на которой будут указаны линейные скорости, расстояния и все силы;
2. Приведи промежуточные формулы расчетов;
3. Укажи минимальную массу станции в кг, округли до первых трех значащих цифр.