

ОСНОВЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ВУЗЕ

Лекция 6

«Решение Задач дает возможность самому студенту не только проверить свои знания, но, и главное, тренирует его в умении прикладывать теоретические знания к решению практических проблем»

П.Л.Капица

Задачи П.Л.Капицы



47. Какие можно придумать эксперименты, чтобы установить абсолютную шкалу температур ниже $0,5^{\circ}\text{K}$?

48. Оцените высоту падения, на которой застывает расплавленная свинцовая капля.

49. Оцените время, за которое замерзнет пруд.

50. Две параллельные пластины находятся на расстоянии малом по сравнению с их размерами. Между пластинками помещают несколько тонких и хорошо теплопроводящих перегородок-экранов. Определить влияние экранов на теплопроводность между пластинами в двух случаях:

а) когда длина светового пробега между пластинами равна...

Лекция 6

План

Введение: из заданий 5 лекции

5.2. Стандартные задачи

5.2.1. Механика. Базовые задачи

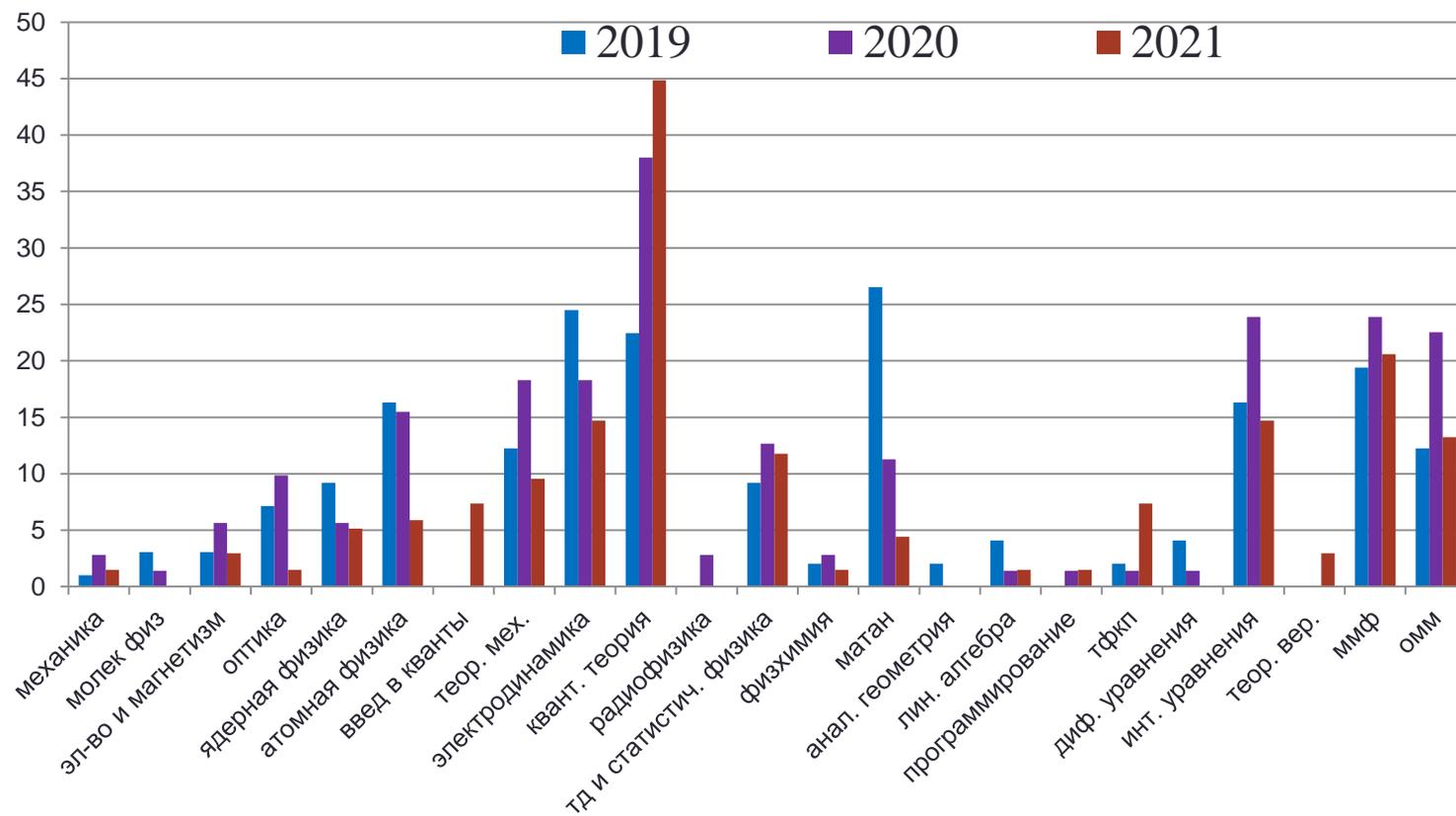
5.3. Короткие задачи.

5.3.1 «Простейшие» задачи

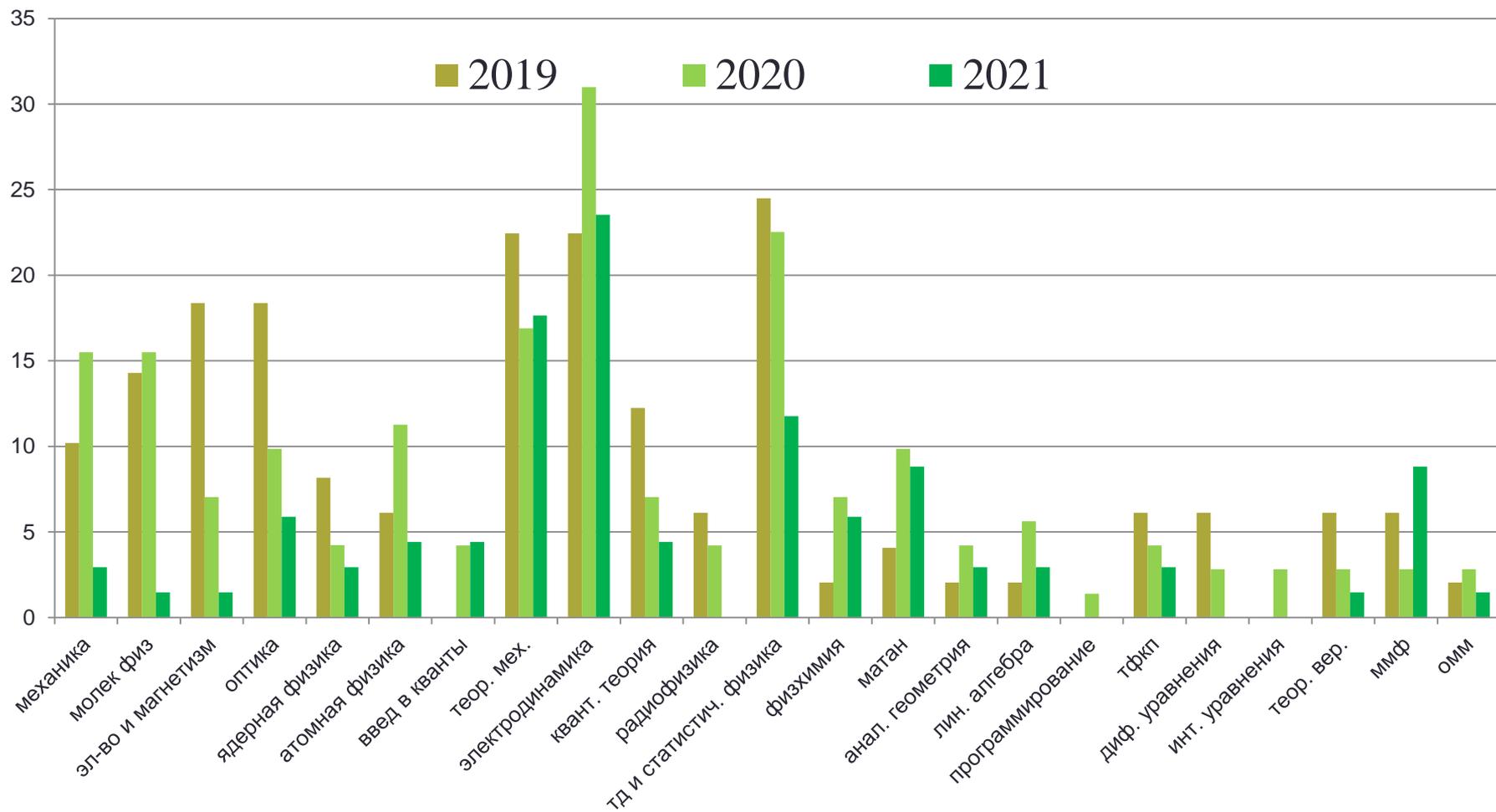
5.3.2 Задачи- «капканы».

5.3.3 «Обратные» задачи

Сложные курсы



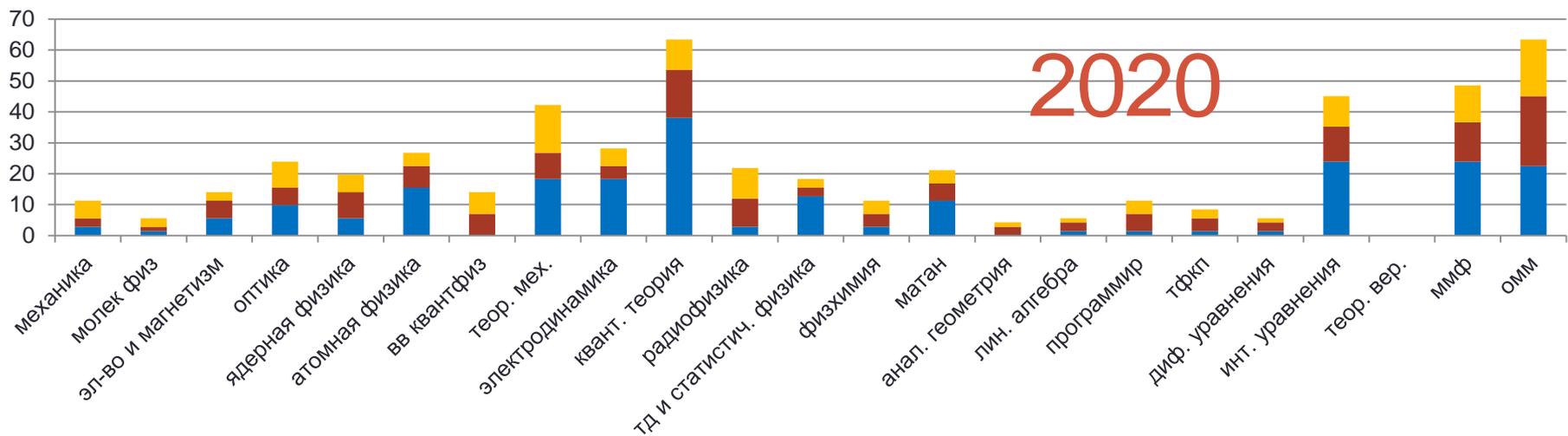
Курсы понравились



Сложно, но понравилось (%)



Сложные курсы



Лекция 5

План

5.2. Стандартные задачи

5.2.1. Механика. Базовые задачи

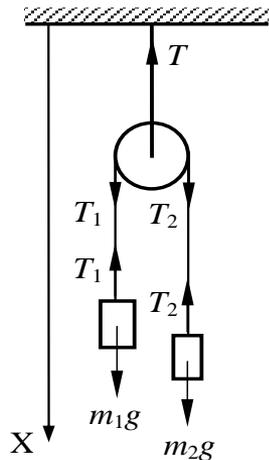
5.3. Короткие задачи.

5.3.1 «Простейшие» задачи

5.3.2 Задачи- «капканы».

5.3.3 «Обратные» задачи

Задача о машине Атвуда



- 1) нить нерастяжима;
- 2) нить невесома;
- 3) блок невесом;
- 4) трение в оси блока отсутствует;
- 5) сопротивление воздуха отсутствует

	1)	2)	3)	4)	5)
$m_1g - T_1 = m_1a_1$ (1)	-	-	-	-	+
$m_2g - T_2 = m_2a_2$ (2)	-	-	-	-	+
$a_1 = -a_2$ (3)	+	-	-	-	-
$T_1 = T_2$ (4)	-	+	+	+	+

Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

• **Задача 1.2 (Кинематика материальной точки)**

Тело бросили с поверхности земли под углом α к горизонту с начальной скоростью V_0 . Найти:

- а) закон движения и время движения тела;
- б) уравнение траектории движения тела;
- в) закон изменения скорости тела и ее модуль;
- г) нормальную и тангенциальную проекции ускорения и радиус кривизны траектории в произвольный момент времени;
- д) максимальную высоту подъема и горизонтальную дальность полета, угол α_0 , при котором они равны друг другу.

Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

- **Задача 1.4 (Принцип суперпозиции движений)**
- Определить форму траектории капель дождя на боковом стекле трамвая, движущегося горизонтально со скоростью V_1 , во время его торможения с ускорением a . Капли дождя падают на землю вертикально вниз, и скорость их относительно земли постоянна и равна V_2 .

КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ И ПРОСТЕЙШИХ СИСТЕМ

- **Задача 2.1 (Принцип суперпозиции движений. Движение по криволинейной траектории)**
- Колесо радиуса R катится без проскальзывания по ровной горизонтальной дороге со скоростью V_0 . Найти закон движения произвольной точки A на ободу колеса, ее скорость и ускорение в произвольный момент времени t .

Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

Задача 3.1 (Машина Атвуда)

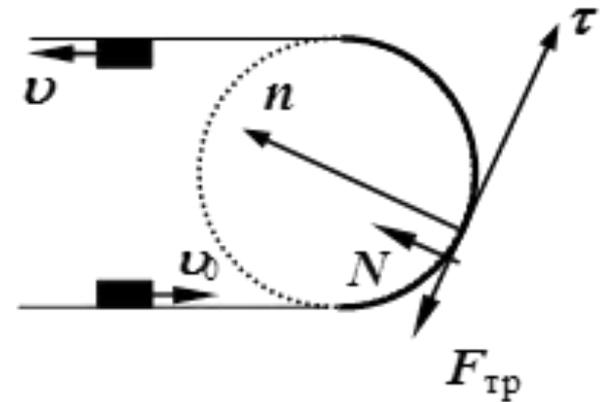
Через блок, подвешенный к потолку перекинута нить. К концам нити прикреплены два груза массами m_1 и m_2 . Определить ускорения тел и силы натяжения нити при следующих модельных предположениях:

- 1) нить невесома;
- 2) нить нерастяжима;
- 3) блок невесом;
- 4) трение в оси блока отсутствует;
- 5) сопротивление воздуха отсутствует.

Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

Задача 4.1 (Индивидуальные свойства сил. Силы трения)

- Брусок скользит по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью и по касательной попадает в область, ограниченную забором в форме полуокружности (рис. 4.1). Определить время, через которое брусок покинет эту область. Радиус кривизны забора R , коэффициент трения скольжения бруска о поверхность забора μ . Размеры бруска много меньше R .

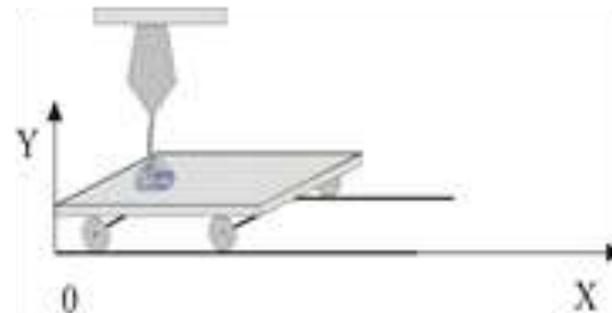
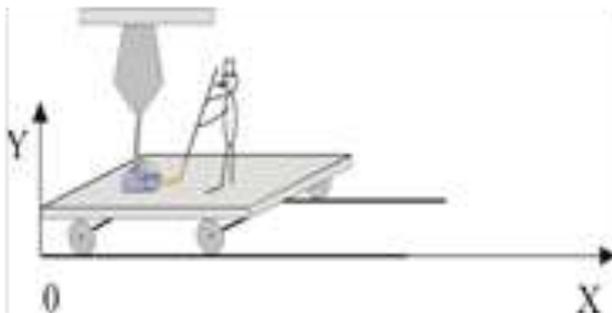


Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

- **Задача 4.6** (Индивидуальные свойства сил. Гравитационные силы)
- Найти силу гравитационного взаимодействия тонкого кольца массой m и радиуса r с материальной точкой массой m_1 , находящейся на оси кольца, в зависимости от расстояния до его центра. Определить, на каком расстоянии от центра кольца должна находиться материальная точка, чтобы ее ускорение, обусловленное силой гравитационного взаимодействия, было максимальным.

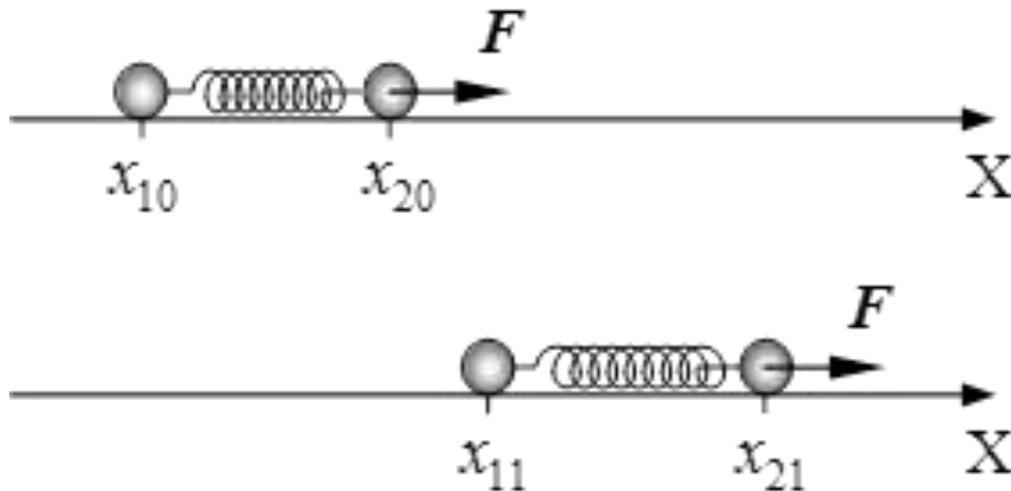
Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

- **Задача 6.8** (Движение тел с переменной массой)
- По двум горизонтальным рельсам движутся с постоянной скоростью $V_0 = 1$ м/с без трения (по инерции) две одинаковые тележки массой $M_0 = 100$ кг каждая. В некоторый момент времени $t_0 = 0$ на обе тележки сверху непрерывной струйкой начинает сыпаться песок так, что масса сыплющегося песка растет линейно по закону $m = kt$, где $k = 10$ кг/с. В первой тележке есть устройство для непрерывного выброса всего сыпанного на нее песка в направлении, перпендикулярном скорости тележки. Из второй тележки песок не выбрасывается. Как будут зависеть от времени скорость и перемещение каждой тележки? За какое время каждая тележка пройдет расстояние $L = 9$ м?



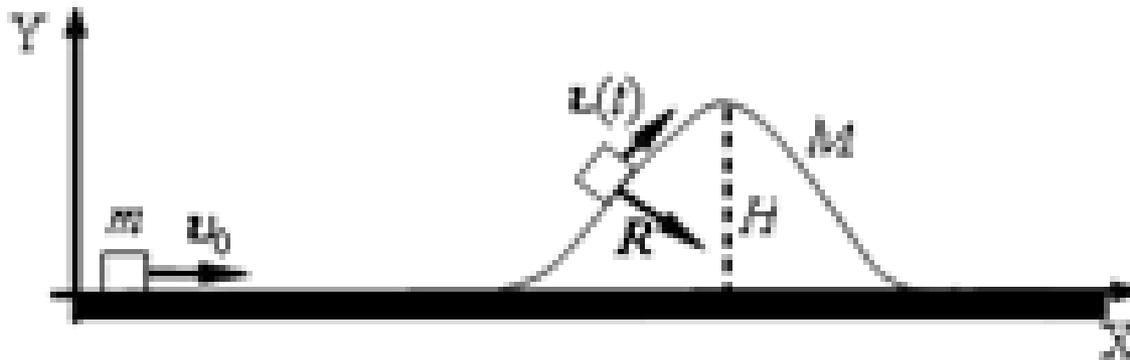
Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

- **Задача 7.3** (Закон изменения механической энергии)
- Два шарика с одинаковой массой m , соединенные нерастянутой пружинкой длиной l_0 , лежат на гладкой горизонтальной поверхности. На один из шариков начинает действовать постоянная сила F , направленная вдоль оси пружинки. Через некоторое время длина пружинки становится максимальной и равной l_{\max} . Определить коэффициент упругости пружинки k .



Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

- **Задача 7.6** (Закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии)
- Тело массой m скользит по гладкой горизонтальной плоскости со скоростью v_0 и въезжает на гладкую подвижную покоящуюся горку массой M и высотой H . Определить конечные скорости тела и горки после окончания их взаимодействия.



Кинематика и динамика материальной точки и простейших систем. Законы сохранения импульса и механической энергии.

- **Задача 8.1** (Абсолютно упругий лобовой удар)
- Шар массой m_1 , движущийся по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью u_1 , испытывает абсолютно упругое лобовое соударение с шаром массой m_2 , движущимся в том же направлении со скоростью u_2 . Определить скорости шаров после соударения. Рассмотреть случаи: массы шаров одинаковы; масса одного из шаров намного больше массы другого.

Неинерциальные системы отсчета. Основы релятивистской механики.

-
- **Задача 10.7** (Вращающаяся неинерциальная система отсчета)
- Поезд массой m движется вдоль экватора равномерно со скоростью u . Определить силу давления поезда на рельсы. Решить задачу: а) во вращающейся неинерциальной системе отсчета, связанной с поездом; б) во вращающейся системе отсчета, связанной с Землей; в) в инерциальной системе отсчета, связанной с центром Земли.

Неинерциальные системы отсчета. Основы релятивистской механики.

- **Задача 11.1** (Вращающаяся неинерциальная система отсчета)
- Винтовку с оптическим прицелом навели на вертикальную черту мишени, находящуюся точно в северном направлении, и выстрелили. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, на какое расстояние и в какую сторону пуля, попав в мишень, отклонится от черты. Выстрел произведен вдоль поверхности Земли на широте (см. рис. 11.1), начальная скорость пули, расстояние до мишени заданы

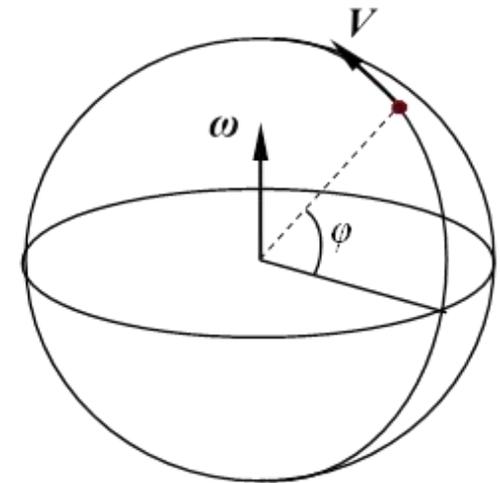


Рис. 11.1. Положение пули в момент выстрела

Кинематика и динамика твердого тела.

Закон сохранения момента импульса

- **Задача 16.8** (Движение абсолютно твердого тела с одной неподвижной точкой)
- Конус, высота которого $h = 4$ см и радиус основания $r = 3$ см, катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания, имея неподвижную вершину в точке O (рис. 16.14). Определить угловую скорость вращения конуса и модуль его углового ускорения β относительно лабораторной системы отсчета, связанной с поверхностью, если конус делает один оборот вокруг оси OZ за время $T = 3$ с.

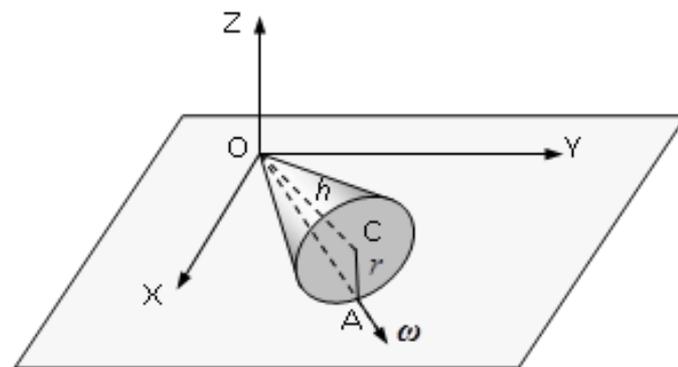


Рис. 16.14. Взаимное расположение конуса и осей выбранной декартовой системы системы координат

Кинематика и динамика твердого тела.

Закон сохранения момента импульса

- **Задача 17.2.** (Динамика вращательного движения абсолютно твердого тела относительно подвижной оси)
- Шайба массы m , представляющая собой диск радиусом R с круглым отверстием радиуса r , подвешена на нити, как показано на рис. 17.2. Масса нити пренебрежимо мала. Найти ускорения центра масс шайбы a относительно лабораторной системы отсчета.

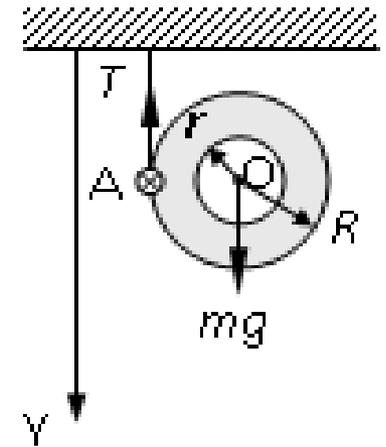


Рис. 17.2. Взаимное расположение оси Y декартовой системы координат и блока; силы, действующие на

Кинематика и динамика твердого тела.

Закон сохранения момента импульса

- **Задача 17.6.** (Динамика плоского движения абсолютно твердого тела)
- Сплошной цилиндр, ось которого горизонтальна, движется без вращения по идеально гладкой горизонтальной поверхности в направлении, перпендикулярном его оси, с постоянной скоростью v_0 . В некоторый момент времени цилиндр достигает границы, где поверхность становится шероховатой, и возникает постоянная (не зависящая от скорости) сила трения скольжения, а сила трения качения отсутствует. Определить зависимость скорости центра масс цилиндра и его угловой скорости от времени после пересечения границы.

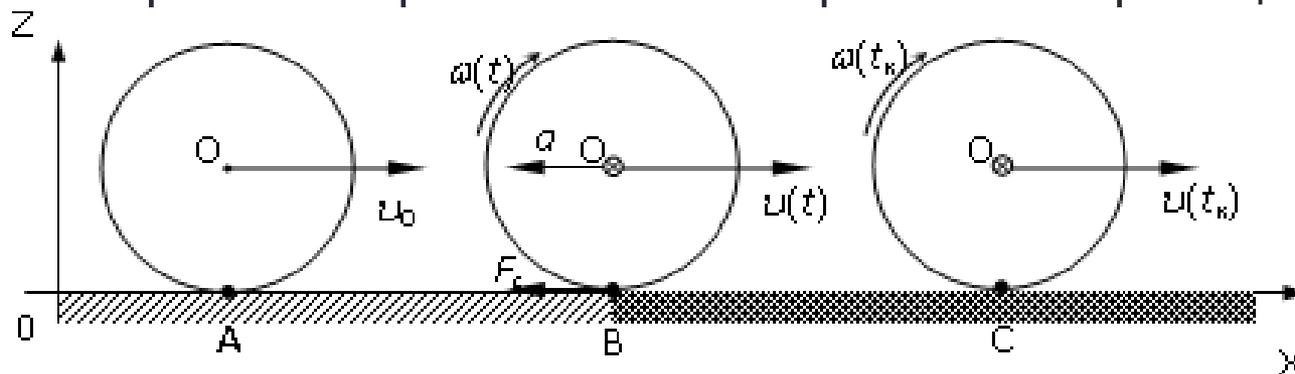


Рис. 17.6. Положение цилиндра относительно выбранной системы координат в различные моменты времени

Кинематика и динамика твердого тела.

Закон сохранения момента импульса

- **Задача 18.6.**
- (Расчет момента инерции абсолютно твердого тела относительно оси вращения)
- Определить момент инерции цилиндра относительно оси вращения O_1O_2 . Радиус основания цилиндра равен r , высота – h , плотность материала – ρ . В цилиндре сделана сферическая полость радиуса R . Расстояние от центра полости до оси цилиндра равно – d .

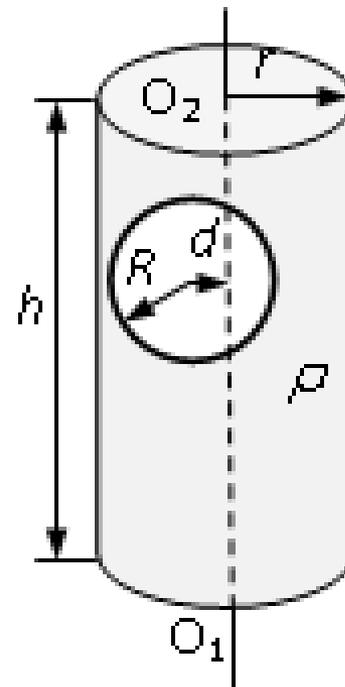


Рис. 18.9. Цилиндр со сферической полостью

Кинематика и динамика твердого тела.

Закон сохранения момента импульса

- **Задача 19.6.** (Законы сохранения при сложном движении твердого тела)
- На гладкой горизонтальной поверхности лежат небольшая шайба массой m и тонкий однородный стержень длиной L и массой M . Шайбе сообщили скорость v в горизонтальном направлении перпендикулярно стержню (см. рис. 19.9). Шайба абсолютно упруго соударяется со стержнем в точке В на расстоянии l от его центра (точка О).
Определить это расстояние в трех случаях:
- 1) сразу после соударения шайба останавливается,
- 2) шайба передает стержню максимальный импульс
- 3) скорость конца стержня (точка А на рис. 19.9) после соударения равна нулю.

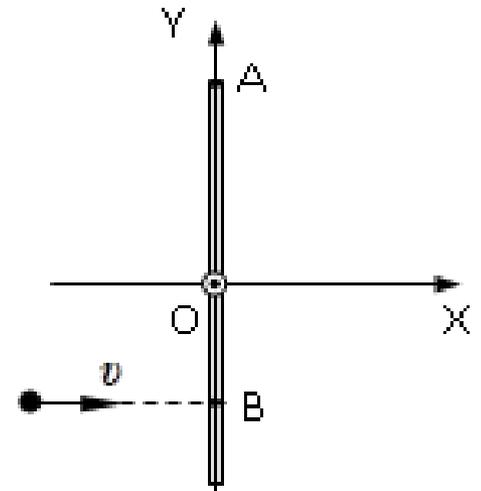


Рис. 19.9. Ориентация шайбы и стержня относительно осей выбранной декартовой

Кинематика и динамика твердого тела.

Закон сохранения момента импульса

- Задача 19.8. (Гироскопические силы)
- Массивный цилиндрический каток (бегун) массой m , который может вращаться вокруг своей геометрической оси, приведен во вращение вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью ω и катится без скольжения по горизонтальной опорной плите (см. рис. 19.11). Радиус катка r . Момент инерции катка относительно геометрической оси равен J_0 . Вычислить полную силу давления катка на опорную плиту.

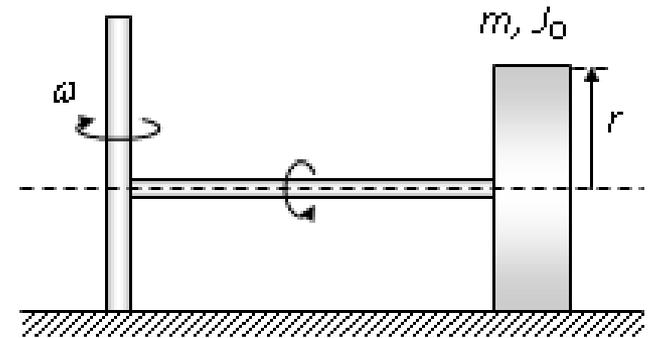


Рис. 19.11. Вращающийся массивный цилиндрический каток

Механические колебания и волны.

Основы механики сплошных сред

- **Задача 21.1** (Динамический метод)
- Сплошной однородный цилиндр массой m и радиусом R , шарнирно закрепленный в нижней точке, совершает малые колебания под действием двух горизонтальных одинаковых легких пружин, жесткость каждой из которых равна k (рис. 21.1). Пружины прикреплены к верхней точке цилиндра и нерастяннуты в положении равновесия цилиндра. Определить угловую частоту малых колебаний цилиндра.

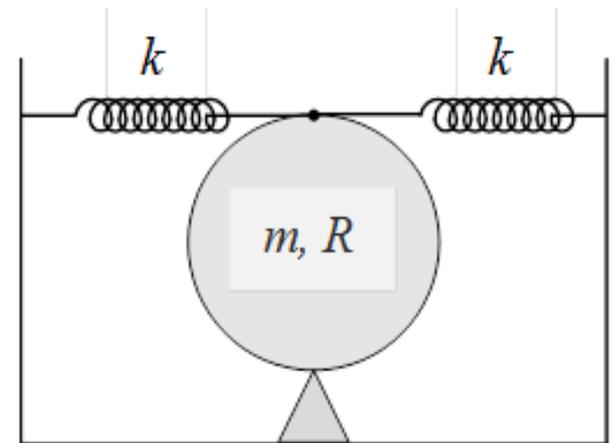


Рис. 21.1. Колебательная система, состоящая из цилиндра и двух закрепленных горизонтальных пружин

Механические колебания и волны. Основы механики сплошных сред

- **Задача 21.6** (Энергетический метод)
- Найти частоту малых колебаний жидкости в широком сосуде квадратного сечения длиной L . Равновесная глубина воды – h . Оценить в рамках предложенной модели период сейш озера глубиной $h = 150$ м и длиной $L = 60$ км.

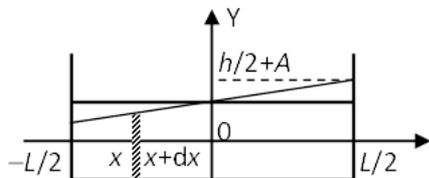


Рис. 21.12. Разбиение объема жидкости на вертикальные слои

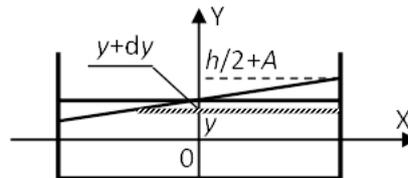


Рис. 21.13. Разбиение объема жидкости на горизонтальные слои

Механические колебания.

- **Задача 24.2** (Свободные незатухающие колебания системы с двумя степенями свободы)
- Два шарика массами m_1 и m_2 , находящиеся на гладкой горизонтальной поверхности, совершают колебания под действием трех легких пружин, изображенных на рис. 24.4. В положении равновесия все пружины не деформированы. Коэффициент жесткости каждой из пружин равен k . Определить нормальные частоты продольных колебаний системы.

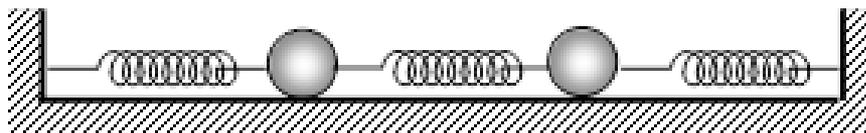


Рис. 24.4. Колебательная система, состоящая из двух шариков и трех пружин.

Механические колебания и волны. Основы механики сплошных сред

- **Задача 25.1** Плоская продольная волна.
- Определить скорость распространения продольной упругой волны в железном образце плотностью $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ и модулем Юнга $E = 200 \text{ ГПа}$.

Механические колебания и волны. Основы механики сплошных сред

- **Задача 27.7** (Эффект Доплера)
- Источник звуковых колебаний S с частотой находится между плоским отражателем и приемником D (см. рис. 27.4). Источник и приемник неподвижны и расположены на одной и той же нормали к отражателю, который удаляется от источника со скоростью $u = 6$ см/с. Скорость звука $c = 340$ м/с. Найти частоту биений, регистрируемых приемником.

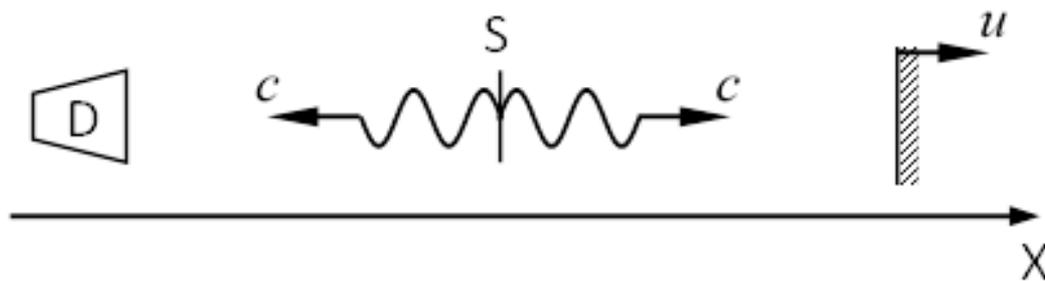


Рис. 27.4. Расположение источника S и приемника D относительно отражателя и оси выбранной декартовой системы координат

Механические колебания и волны. Основы механики сплошных сред

- **Задача 28.3** (Использование закона Гука для определения продольных деформаций под действием массовой силы)
- Вертикально подвешенный стержень массы m имеет площадь поперечного сечения S . Модуль Юнга материала, из которого сделан стержень, равен E . Определить относительное удлинение стержня под действием силы тяжести.

-

Механические колебания и волны. Основы механики сплошных сред

- **Задача 29.2** (Закон Паскаля)
- Сосуд кубической формы, наполовину заполненный жидкостью плотностью ρ , движется с горизонтальным ускорением \mathbf{a} , направленным вдоль ребра куба (см. рис. 29.2). Определить силу \mathbf{F} , действующую заднюю грань куба и точку ее приложения. Длина ребра куба равна l . Атмосферным давлением пренебречь.

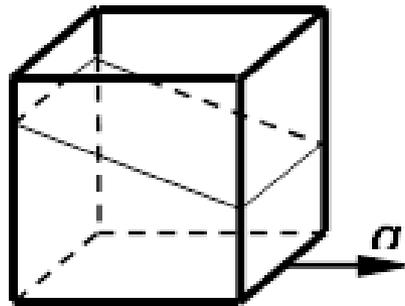


Рис. 29.2. Сосуд с жидкостью, движущийся с ускорением

Механические колебания и волны. Основы механики сплошных сред

- **Задача 29.3.** Закон Паскаля
- Цилиндрический сосуд, частично заполненный жидкостью плотностью ρ , вращают вокруг его вертикальной оси с постоянной угловой скоростью ω . Определить форму свободной поверхности жидкости и распределение давления на дно сосуда, если давление в центре равно p_0 . Силу атмосферного давления не учитывать.

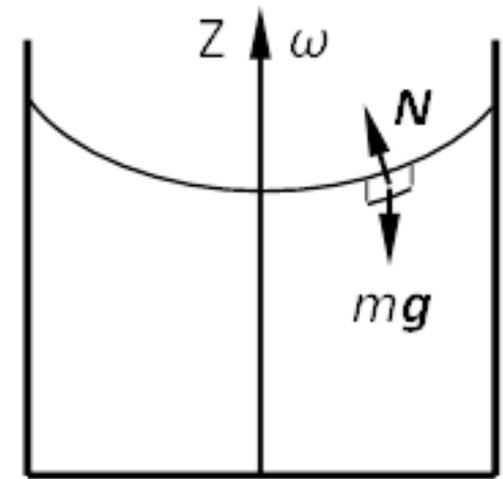


Рис. 29.4. Силы, действующие на элемент объема жидкости

Лекция 5

План

5.2. Стандартные задачи

5.2.1. Механика. Базовые задачи

5.3. Короткие задачи.

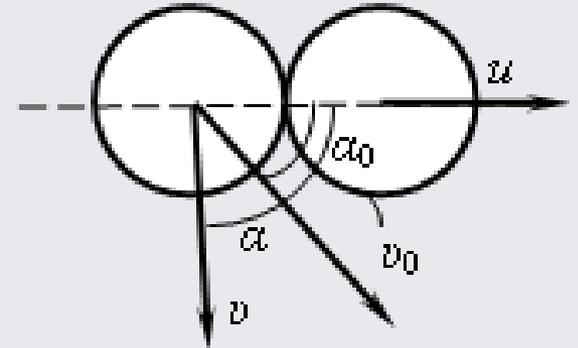
5.3.1 «Простейшие» задачи

5.3.2 Задачи- «капканы».

5.3.3 «Обратные» задачи

5.3.1. Простейшие задачи

Задача 8.3.1. Под каким углом разлетятся одинаковые гладкие шарики в результате абсолютно упругого удара, если один из шариков до удара покоился?



$$mv_0 \cos \alpha_0 = mv \cos \alpha + mu$$

$$mv_0 \sin \alpha_0 = mv \sin \alpha$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mu^2}{2}$$

Решая совместно эти уравнения, получаем: $\cos \alpha = 0$, $\alpha = \pi/2$.

Ответ: $\pi/2$.

Подготовка к решению сложных задач

5.3.1. Простейшие задачи

Задача 12.3.1. Определить периметр квадрата со стороной a , движущегося со скоростью $V = c/2$ вдоль одной из своих сторон относительно лабораторной системы отсчета.

Решение. В направлении движения в результате сокращения длины

$$a' = a\sqrt{1 - (V/c)^2} = a\sqrt{3}/2$$

остальные стороны остаются прежними. Периметр:

$$P = 2a\sqrt{3}/2 + 2a = 3,73a$$

Ответ: $3,73a$.

Подготовка к решению сложных задач

5.3.1. Простейшие задачи

Задача 5. С какой скоростью должен двигаться автомобилист, чтобы красный свет светофора показался ему зеленым? (Длина волны красного света $\lambda_0 = 650$ нм, зеленого – $\lambda = 550$ нм).

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 + (V/c)}{1 - (V/c)}} \quad \text{Эффект Доплера}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad \text{Связь длины волны с частотой}$$

$$\text{Ответ: } V = \frac{(\lambda_0/\lambda)^2 - 1}{(\lambda_0/\lambda)^2 + 1} c = 0,165c$$

Подготовка к решению сложных задач

5.3.1. Простейшие задачи

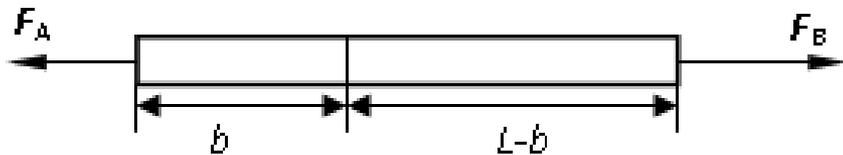
Задача 1. Стержень АВ длиной L движется по горизонтальной плоскости. В рассматриваемый момент времени скорость конца стержня А оказалась равной v_1 и направленной под углом α к стержню. Известно, что скорость другого конца стержня В v_2 направлена под углом β к стержню. Определите величину скорости v_2 .



Подготовка к решению сложных задач

5.3.1. Простейшие задачи

Задача 28.3.2. На торцы однородного стержня АВ длиной L действуют силы F_A и F_B , линия действия которых совпадают с осью стержня. Определить величину натяжения стержня в сечении, находящемся на расстоянии b от его торца.



$$m_1 a_1 = T - F_A$$

$$m_2 a_2 = F_B - T$$

Ответ:
$$T = F_A \left(1 - \frac{b}{L} \right) + \frac{b}{L} F_B$$

Подготовка к решению сложных задач

5.3.1. Простейшие задачи

Задача 1. В стакане с водой плавает кубик льда. Как изменится уровень жидкости в стакане, когда лед растает?

$$\rho_{\text{в}} g V_{\text{погр}} - mg = 0$$

$$V_{\text{погр}} = \frac{m}{\rho_{\text{в}}}$$

$$\rho_{\text{в}} V = m$$

Ответ: не изменится.

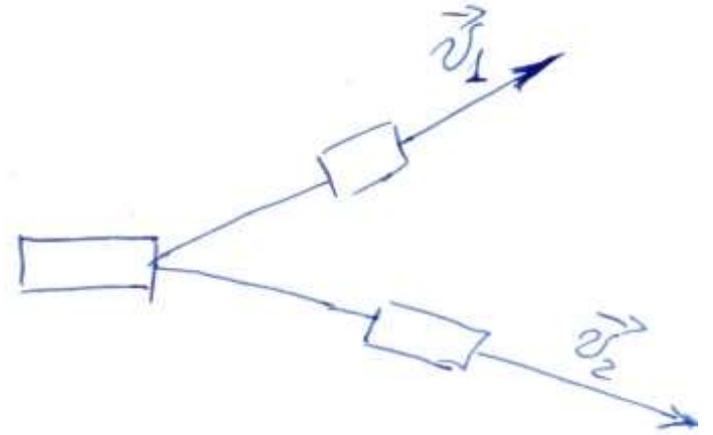
Подготовка к решению сложных задач

5.3.1. Простейшие задачи

Задача 29.3.2. В стакане с водой плавает кубик льда с вмерзшим в него небольшим телом. Как изменится уровень жидкости, когда лед растает? Пренебечь тепловым расширением воды и ее испарением. Рассмотреть два случая: а) плотность тела больше плотности воды; б) плотность тела меньше плотности воды.

5.3.1. Простейшие задачи

Два трактора, движущиеся со скоростями V_1 и V_2 , буксируют с помощью нерастяжимых тросов автомобиль. Определить геометрически направление вектора скорости V автомобиля в некоторый момент времени.



Лекция 5

План

5.2. Стандартные задачи

5.2.1. Механика. Базовые задачи

5.3. Короткие задачи.

5.3.1 «Простейшие» задачи

5.3.2 Задачи- «капканы».

5.3.3 «Обратные» задачи

5.3.2. Задачи- «капканы»

1. **Задача о четырех черепашках.** По углам квадрата со стороной a расположились четыре одинаковые черепашки. По команде дрессировщика черепашки начинают ползти со скоростью u : первая – ко второй, вторая – к третьей, третья – к четвертой, четвертая – к первой (см. рис. 4). Через какое время t они встретятся?

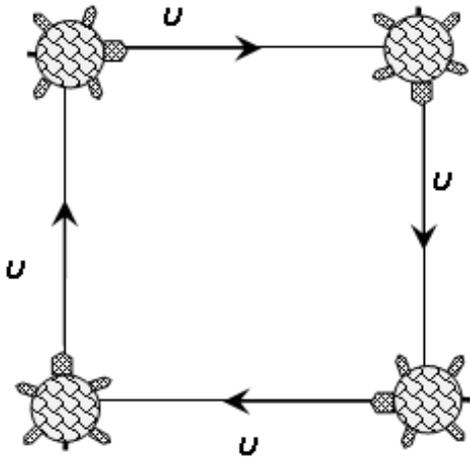


Рис. 4

**Средство маскировки:
внедрение задачи в то место
занятия, за которым следует
обсуждение роли выбора
системы отсчета**

5.3.2. Задачи- «капканы»

Задача 11.3.1. Один человек стоит на земле и смотрит, как другой катается на карусели. Какие силы действуют на «наблюдателя» с его точки зрения и с точки зрения человека на карусели?

Обсуждение сил инерции, в данной формулировке задача не является капканом

Вопросы к лекции

1. В начале лекции мы отметили, что практически у всех читаемых курсов есть проблемы с методикой. **А какие методические проблемы Вы заметили?** (Некоторые слушатели об этом кратко написали, но далеко не все).
2. Мы с Вами рассмотрели задачи-«капканы». Сталкивались ли Вы раньше с такими задачами? Представляют ли они для Вас интерес? В чем их плюсы и минусы? Пришлите мне свои мнения.