Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Алиев Шапи Изиевич
Должность: директор
Дата подписания: 27.08.2026 12:34:08
Уникальный программный ключ:
36e006639f5218c2e59fedbad0be9af0cdb36f37

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Дагестанский государственный университет» в г. Избербаше
Отделение среднего профессионального образования

Фонд оценочных средств
по дисциплине
СОО.01.05 Физика

по программе подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) среднего профессионального образования

Специальность:	*38.02.01 Экономика и бухгалтерский учет*
Обучение:	*по программе базовой подготовки*
Уровень образования, на базе которого осваивается ППССЗ:	*Основное общее образование* *Среднее общее образование*
Квалификация:	*Экономист*
Форма обучения:	*Очная, заочная*

Избербаш 2026 г.

Фонд оценочных средств, подготовки специалистов среднего звена среднего профессионального образования составлена 2026 году в соответствии с требованиями ФГОС СПО разработана и утверждена федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Дагестанский государственный университет» сформирована на основе Федерального государственного образовательного стандарта по соответствующей специальности СПО (ФГОС СПО), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 24.06.2024г. №437, по направлению 38.02.01 Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям)

Организация разработчик: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дагестанский государственный университет» в г. Избербаше

Разработчик: Кагирова А.М.

Фонд оценочных средств одобрен на заседании ПЦК на отделении СПО протокол№ 5. от «27» 01.2026г.

Кагирова А.Х. к.п.н. – председатель ПЦК

Магомедова З.А. -Зав отделения СПО

Фонд оценочных средств, подготовки специалистов среднего звена среднего профессионального образования по специальности 38.02.01 Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям) согласованна с представителями работодателей:

Отдел №26 Управление федерального казначейства по Республике Дагестан

Старший казначей М.А.Омаров

СОДЕРЖАНИЕ

1 .ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ----------4
2 .ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДМЕТНЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ----------5
3 .КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ----------7
5 .КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ----------9

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ по дисциплине СОО.01.05.ФИЗИКА

1.1. Основные сведения о дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 академических часов.

Вид работы	1 семестр **очное**	
Общая трудоёмкость	**108**	
Контактная работа:	**54**	
Лекции (Л)		
Практические занятия (ПЗ)	54	
Консультации		
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	4	
Самостоятельная работа: - *самостоятельное изучение разделов (перечислить);*	**48**	
- *самоподготовка (проработка и повторение материала и материала учебников и учебных пособий;*	*24*	
- *подготовка к практическим занятиям;*	*24*	
- *подготовка к рубежному контролю и т.п.)*		
Вид итогового контроля ДИФ ЗАЧЕТ	**4**	

1.2. Требования к результатам обучения по дисциплине, формы их контроля и виды оценочных средств

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Наименование оценочного средства	№№ заданий	Способ контроля
1.	**Раздел 1. Физика и методы научного познания**	Контрольная работа№1.	В1,В2	Письменно
2.	**Раздел 2. Колебания и волны**	Практическая работа	В1,В2	Письменно
3.	**Раздел 3. Основы специальной теории относительности (далее – СТО**	Самостоятельная работа работа	В1, В2 Тест	Письменно
4.	**Раздел 4. Квантовая физика**	Контрольная работа№2	В1,В2	Письменно
5.	**Раздел 5. Элементы астрофизики**	Тест №1.	В1,В2	Письменно
6.	**Раздел 6. Обобщающее повторение**	Тест №2.	В1,В2	Письменно

2.КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины ОУД.09 Физика.

2.1. Контрольная работа Тема: Кинематика

Контрольная работа №1

ВАРИАНТ № 1

1. Лыжник равноускоренно съезжает со снежной горки. Скорость лыжника в конце спуска 15 м/с. Время спуска 30 с. Определите ускорение лыжника. Спуск начинается со скоростью 3 м/с.
2. За какое время автомобиль, двигаясь с ускорением 0,4 м/с^2, увеличит свою скорость с 36 км/ч до 72 км/ч?
3. Лыжник начинает спускаться с горы, имея скорость 3 м/с. Время спуска 6 с. Ускорение лыжника при спуске постоянно и равно 2,5 м/с^2. Определите скорость лыжника в конце спуска?
4. Велосипедист, двигавшийся со скоростью 2 м/с, спускается с горки с ускорением 0,4 м/с^2. Определите длину горки, если спуск продолжался 8 с.
5. Торможение электропоезда метро должно начаться на расстоянии 250 м от станции. Какое ускорение должен получить электропоезд, движущийся со скоростью 54 км/ч, чтобы остановиться на станции?

ВАРИАНТ № 2

1. Какое ускорение имело тело, если его скорость за 10 с изменилась с 0,6 м/с до 30 см/с?
2. Сколько времени длится разгон автомобиля, если он увеличил свою скорость от 15 м/с до 30 м/с, двигаясь с ускорением 0,5 м/с^2?
3. Лыжник съезжает с горки, двигаясь равноускоренно. Время спуска равно 8 с, ускорение 1,4 м/с^2. В конце спуска его скорость 20 м/с. Определите начальную скорость лыжника.
4. Сколько времени затратит ракета, движущаяся из состояния покоя с ускорением 6 м/с^2, на преодоление расстояния 75 м?
5. При аварийном торможении автомобиль, имеющий начальную скорость 108 км/ч, движется с ускорением 5 м/с^2. Определите тормозной путь автомобиля.

Работа на 45 мин

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно выполнено 5 задания ;
- оценка «хорошо» ,если верно выполнено 4задания;
- оценка «удовлетворительно»,если верно выполнено 2 или 3 задания
- оценка «неудовлетворительно»,если верно выполнено менее 2 заданий

Равноускоренное прямолинейное движение. Ускорение

Задание 1

Вопрос:

Сопоставьте понятия и определения.

Укажите соответствие для всех 4 вариантов ответа:

1) движение, при котором тело за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения.

2) физическая величина, характеризующая быстроту изменения положения тела с течением времени при неравномерном движении.

3) скорость движения в данный момент времени или в данной точке траектории.

4) движение, при котором за любые равные промежутки времени скорость тела изменяется на одну и ту же величину, а траекторией движения тела является прямая линия.

5) физическая векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела

__ РПД
__ РУД
__ Ускорение
__ Мгновенная скорость

Задание 2

Вопрос:

Во время подъёма в гору скорость велосипедиста, двигающегося прямолинейно и равноускорено, изменилась за 10 с от 7 м/с до 10,8 км/ч. При этом модуль ускорения велосипедиста был равен ...

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) 0,25 м/с^2
2) 0,5 м/с^2
3) -0,5 м/с^2
4) -0,25 м/с^2

Задание 3

Вопрос:

Какое (-ие) утверждение (-я) является (-ются) верным (-и)?

А) если направление вектора ускорения совпадает с направлением начальной

скорости тела, то скорость тела увеличивается;

Б) если направление вектора ускорения противоположно направлению начальной скорости тела, то скорость тела уменьшается

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) только Б
2) только А
3) ни А, ни Б
4) и А, и Б

Задание 4

Вопрос:

Направление вектора ускорения ... с направлением вектора изменения скорости тела. (вставьте пропущенное слово)

Запишите ответ:

_____

Задание 5

Вопрос:

Площадь под графиком зависимости ускорения от времени при равноускоренном движении является...

Укажите истинность или ложность вариантов ответа:

__ Треугольником
__ Трапецией
__ Либо треугольником, либо прямоугольником
__ Прямоугольником

Задание 6

Вопрос:

Какая из приведенных ниже формул соответствует определению ускорения?

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) $a = \frac{v^2}{R}$
2) $a = \frac{v^2}{2s}$
3) Среди ответов нет правильного
4) $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \overrightarrow{v_0}}{t}$

Задание 7

Вопрос:

Автомобиль начинает движение из состояния покоя. Через 50 с он достигает скорости 72 км/ч. С каким ускорением происходит движение?

Запишите число:
a, м/с2 _____

Задание 8
Вопрос:
Велосипедист съезжает с горки, двигаясь прямолинейно и равноускорено. За время спуска его скорость увеличилась на 13 м/с. Ускорение велосипедиста 0,25 м/с$^{2.}$ Сколько времени длится спуск?

Запишите число:
t, с _____

Задание 9
Вопрос:
График зависимости скорости тела от времени при равноускоренном движении будет являться...

Выберите один из 4 вариантов ответа:
1) Горизонтальной прямой линией
2) Кубической параболой
3) Параболой
4) Прямой линией, наклоненной под некоторым углом к оси времени

Задание 10
Вопрос:
Определите среднюю скорость движения катера на участке прямолинейного пути, если первую его половину он прошёл со скоростью 12 м/с, а вторую - со скоростью 18 м/с.

Запишите число:
v, м/с _____

Ответы:

1) (4 б.) Верные ответы:
   1;
   4;
   5;
   3;
2) (4 б.) Верные ответы: 3;
3) (3 б.) Верные ответы: 4;
4) (3 б.) Верный ответ: "совпадает".
5) (3 б.) Верные ответы:
   Нет;

Нет;
Нет;
Да;

6) (3 б.) Верные ответы: 4;
7) (4 б.): Верный ответ: 0,4.;
8) (4 б.): Верный ответ: 52.;
9) (3 б.) Верные ответы: 4;
10) (5 б.): Верный ответ: 14,4.

Раздел.2
Динамика

Практическая работа

Вариант 1

1 .Найти силу гравитационного притяжения, действующую между Землей и Солнцем, если масса Земли равна 6^ 10^{24} кг, а масса солнца 2-10^{30} кг. Расстояние от Земли до Солнца 15040_6 км.

2 . Какую скорость должен иметь спутник Земли, чтобы двигаться вокруг круговой орбиты на высоте, равной половине радиуса Земли ? Масса Земли 640_{24} кг, радиус Земли 6400км.

3 Тележка с песком катится со скоростью 1 м/с по горизонтальному пути без трения. Навстречу тележке летит шар массой 2 кг с горизонтальной скоростью 7 м/с. Шар после попадания в песок застревает в нем. В какую сторону и с какой скоростью покатится тележка после столкновения с шаром? Масса тележки 10 кг.

4 . Сила сопротивления движению электровоза составляет 4 кН. Найдите силу тяги, если его ускорение составляет 0,1 м/$с^2$, а масса равна 90 т.

5 .Упряжка собак при движении саней по снегу может действовать с максимальной силой 0,5 кН. Какой массы сани с грузом может перемещать упряжка, двигаясь равномерно, если коэффициент трения равен 0,1

Вариант 2

1 .С какой силой притягиваются друг к другу две книги массой 300г. каждая, находящиеся на расстоянии 2 м друг от друга?

2 . Чему равна первая космическая скорость для Луны , если ее масса и радиус составляет примерно 7-10_{22} кг и 1700км соответственно?

3 .Найти удлинение буксирного троса с жесткостью 0,01 МН/м при буксировке автомобиля массой в 2 т с ускорением 0,5 м/$с^2$.

4 . Трактор , сила тяги которого на крюке 15 кН, сообщает прицепу ускорению 0,5 м/$с^2$. Какое ускорение сообщит тому же прицепу трактор , развивающий тяговое усилие
60 кН?

5 .С лодки массой 200 кг прыгает в направлении берега мальчик массой 40 кг.со скоростью
20 м/с. Найти скорость лодки. Определить направление скорости.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно выполнено 5 заданий ;
- оценка «хорошо» ,если верно выполнено 4заданий;
- оценка «удовлетворительно»,если верно выполнено от 2 до 3заданий ;
- оценка «неудовлетворительно»,если верно выполнено менее 2 заданий

Раздел №3

Законы сохранения в механике.

Вариант 1

1. Шар массой 100 г свободно упал на горизонтальную площадку, имея в момент удара скорость 10 м/с. Найдите изменение импульса при абсолютно упругом ударе.
2. На вагонетку массой 2,4 т, движущейся со скоростью 2,0 м/с, сверху вертикально насыпали песок массой 800 кг. Определите скорость вагонетки после этого.
3. С плотины высотой 20 м падает $1,8^{10_4}$ т воды. Какая при этом совершается работа?

4. Определите потенциальную энергию пружины жесткостью 1,0 кН/м, если известно, что сжатие пружины 30 мм.
5. Какая работа совершается лошадью при равномерном перемещении по рельсам вагонетки массой 1,5 т на расстояние 500 м, если коэффициент трения равен 0,008?

Вариант 2

1. Определите полезную мощность двигателя мотоцикла, если при скорости 108 км/ч его сила тяги равна 350 Н.
2. Материальная точка массой 1 кг имеет импульс 20 кг^м/с. Определите её скорость.
3. Снаряд массой 20 кг, движущийся в горизонтальном направлении со скоростью 0.50 км/с, попадает в платформу с песком массой 10 т и застревает в песке. Чему равна скорость платформы после столкновения?
4. Какая работа совершается при поднятии с земли материалов, необходимых для постройки колоны высотой 20 м с площадью поперечного сечения 1,2 м^2? Плотность материала равна 2,640з кг/м^3.
5. Определите , с какой скоростью надо бросить вниз мяч с высоты 3 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 8 м.

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если верно выполнено 5 заданий ;
- оценка «хорошо» ,если верно выполнено 4заданий;
- оценка «удовлетворительно»,если верно выполнено от 2 до 3заданий ;
- оценка «неудовлетворительно»,если верно выполнено менее 2 заданий

Раздел 4. Молекулярная физика и термодинамика

Вариант №1

1 .Чему равен объем одного моля идеального газа при нормальных условиях.
2 . При температуре 30 °Сдавление газа в закрытом сосуде было 85 кПа. Каким будет давление при температуре - 40 °С.
3 .Избаллона со сжатым водородом вместимостью 20 л. вследствие неисправности вентиля утекает газ. При температуре 10 °С манометр показывает давление 8 МПа. Показание манометра не изменилось и при 20 °С. Определите массу вытекающего газа.
4 . Сколько частиц воздуха находится в комнате площадью 40 м и высотой 4м при температуре 25 С° и давлении 752133 Па.
5 .Найдите давление, которое оказывает 45 г. неона при температуре 273 К, если его объем составляет 1 л.

Вариант №2

1.Определите плотность кислорода при температуре 47 °С и давлении 500 10^3 Па.
6 .В закрытом сосуде вместимостью 2 л содержится 12 кг кислорода . Найти давление кислорода при температуре 15 °С.
7 .При концентрации газа 2,4 -10 средняя кинетическая энергия его молекул равна 10 Дж. Какое давление оказывает этот газ и какова температура ?
8 .Вычислить давление одного моля , занимающего при температуре 300 К объем 3 л. при нормальных условиях.
9 . Газ сжат изотермически от объема 10 л до объема 15 л . Давление при этом возросло на 6 кПа. Каково было начальное давление ?

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно выполнено 5 задания ;
- оценка «хорошо» ,если верно выполнено 4заданий;
- оценка «удовлетворительно»,если верно выполнено 3заданий ;
- оценка «неудовлетворительно»,если верно выполнено менее 2 заданий

Тема 5. . Основы термодинамики.

Вариант1

1 .При изобарном расширении газа на 0,5 м^3 ему было передано 0,3 МДж теплоты. Вычислите изменение внутренней энергии газа, если его давление равно 200 1 0^{3}Па.
2 . Внутренняя энергия водорода , находящегося при температуре 400К , составляет 900КДж.Какова масса этого газа?
3 .КПД теплового двигателя равен 45%. Какую температуру имеет холодильник ,если температура нагревателя равна 227 °С.
4 . Аэростат объемом 600м^3 наполнен гелием под давлением15(Г 10^3 Па. В результате солнечного нагрева

температура в аэростате поднялась от 10 °С до 25°С. Насколько увеличилась внутренняя энергия газа?
5 .Тепловая машина имеет максимальное КПД 50 % .Определите температуру холодильника ,если температура нагревателя 820 К.

Вариант2
1 .Газ, занимающий объем 22 л. под давлением 100 -103 Па был нагрет от 80 °С до 110° С . Определите работу расширения газа, если давление не изменилось.
2 .Какова масса азота при температуре 30 °С, если его внутренняя энергия составляет 2,6 МДж?
3 .Чему равна температура холодильника паровой турбины, КПД которой 60%, а нагреватель имеет температуру 490 °С.
4 .Какое количество водяного пара надо впустить в кастрюлю, чтобы нагреть 3л воды от 20 °С до 60 °С.
5 .Давление газа в цилиндре составило 0,8МПа при температуре 200 °С. После изохорного охлаждения давление уменьшилось до 250 кПа. Найдите изменение внутренней энергии 1 кг газа, его конечную температуру, количество теплоты, отданное газом, и совершенную при этом работу.

Критерии оценки:
- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно выполнено 5 заданий;
- оценка «хорошо», если верно выполнено 4заданий;
- оценка «удовлетворительно», если верно выполнено 2 - 3 заданий;
- оценка «неудовлетворительно», верно выполнено менее 2 заданий

Раздел 6 Основы электродинамики.
Вариант №1.
1. Электрон, двигаясь в электрическом поле, изменяет свою скорость от 200 км/с до 10000км/с . Чему равна разность потенциалов между начальной и конечной точками пути?
2. В однородном электрическом поле находится пылинка массой $40\text{-}10^{-8}$ гр. обладает зарядом $1{,}6 \cdot 10^{-11}$Кл. Какой должен быть по величине напряженность поля, чтобы пылинка осталась в покое.
3. Два точечных заряда $6{,}6 \cdot 10^{-9}$ Кл и $1{,}3240^{-8}$Кл находится в вакууме на расстоянии 40 см друг от друга. Какова сила взаимодействия между зарядами?
4. Почему конденсаторы, имеющие одинаковые емкости, но рассчитанные на разные напряжения. имеют неодинаковые размеры?
5. Какую площадь должны иметь пластины плоского конденсатора для того чтобы его электроемкость была равна 2 мкФ, если между пластинами помещается слой слюды толщиной 0,2 мм? (е =7).

Вариант №2.
1. Чему равна разность потенциалов между двумя точками электрического поля, если при перемещении между ними заряда 640 $^{-3}$ Кл совершается работа в 30 мДж?
2. На точечный заряд в 2 нКл, помещенный в электрическое поле, действует сила 16 мкН . Чему равна напряженность в данной точке поля?
3. Вычислите силу взаимодействия между двумя шариками, находящимися на расстоянии 5 см друг наот друга в воздухе, имеющие заряды 10 нКл и - 15 нКл соответственно.
4. Почему приборы для электростатических опытов не имеют острых концов, а заканчиваются округлёнными поверхностями?
5. Плоский конденсатор имеет площадь пластин 2000 см^2. Расстояние между пластинами 0,5 мм. К одной из обкладок изнутри прилегает пластина диэлектрика толщиной 0,3 мм диэлектрической проницаемостью? Остальное пространство между обкладками конденсатора заполнено воздухом. Определить емкость конденсатора.

Критерии оценки:
- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно выполнено 5 задания;
- оценка «хорошо», если верно выполнено 4задания;
- оценка «удовлетворительно», если верно выполнено 2-3заданий;
- оценка «неудовлетворительно», если верно выполнено менее 2 заданий

Тема 8. Элементы квантовой физики
Вариант №1.
1. Определить импульс фотона с энергией равной 1,2' 10—^{18} Дж.
2. Вычислить длину волны красной границы фотоэффекта для серебра.

3. Определите наибольшую скорость электрона, вылетевшего из цезия при освещении его светом длиной волны 3,31 • 10^{-7} м. Работа выхода равна 2 эВ, масса электрона 9,1 -10 $^{-31}$кг?
4. Какую максимальную кинетическую энергию имеют электроны, вырванные из оксида бария , при облучении светом частотой 1 ПГц?
5. Найти работу выхода электрона с поверхности некоторого металла, если при облучении этого материала желтым светом скорость выбитых электронов равна 0,28 -10^{6} м/с. Длина волны желтого света равна 590 нм.

Вариант №2.

1 . Определите красную границу фотоэффекта для калия.
2 . Определить энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным (X = 0,75 мкм) и наиболее коротким (X= 0,4 мкм) волнам видимой части спектра.
3 .Какой длины волны надо направить свет на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлементов была 2 Мм/с ?
4 .Удлиненный металлический шарик облучают монохроматическим светом длиной волны 4 нм.
До какого потенциала зарядится шарик? Работа выхода из цинка равна 4 эВ.
5 .Вычислите максимальную скорость электронов, вырванных их металла светом с длиной волны равной 0,18 мкм. Работа выхода равна 7,2 •$10^{1,9}$ Дж

Критерии оценки:
- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно выполнено 5 задания;
- оценка «хорошо», если верно выполнено 4задания;
- оценка «удовлетворительно», если верно выполнено 2-3заданий;
- оценка «неудовлетворительно», если выполнено менее 2 заданий

2.2. Тестовые задания:

«Механика»

1 .Искусственный спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом с периодом обращения 1 сут. Каковы путь и перемещение спутника за 1 сут?

А. Путь и перемещение одинаковы и равны нулю.
Б. Путь и перемещение одинаковы и равны 2nR.
В. Путь и перемещение одинаковы и равны 2R.
Г. Путь 2nR, перемещение 0.
Д. Путь nR, перемещение 0.
Е. Путь пR,перемещение 2R.

2 .С каким ускорением движется брусок массой 10кг под действием силы 5Н?

А. 50 м/с^{3}
Б. 25 м/с^{2}
В. 2 м/с^{2}
Г. 0,5 м/с^{1}

3 . Моторная лодка движется по течению реки со скоростью 5м/с, а в стоячей воде со скоростью 3м/с. Чему равна скорость течение реки?
А. 1 м/сБ.1,5 м/сВ. 2 м/сГ.3,5 м/с

1.1 сли многократно сжимать пружину, то она нагревается, так как:
А. потенциальная энергия пружины переходит в кинетическую
Б. кинетическая энергия пружины переходит в потенциальную
В. часть энергии пружины переходит во внутреннюю ее энергию
Г. пружина нагревается при трении о воздух

5 .Пассажир лифта находится в покое относительно земли если:
А. лифт падает
Б. лифт движется равномерно

В. лифт движется вверх с ускорением 9,8 м/с2

Г. ни при каком из вышеперечисленных условий

6 .По какой из формул можно рассчитать кинетическую энергию движущегося тела: . m - u'

А. ---------

■

В. -к т

Г. $\frac{K \cdot x^2}{2}$

1

1 .Если As **есть перемещение тела за сколько угодно малый интервал времени** At**, то какая величина определяется отношением** $\frac{\Delta s}{\Delta t}$**?**

А. ПутьБ. перемещениеВ. Скорость только прямолинейного движения.

Г. Мгновенная скорость любого движенияД. Ускорение

8. Если обозначить Аи **изменение скорости за сколько угодно малый интервал времени** At**, то такая величина определяется отношением** Av/At**?**

А. Увеличение скорости.

Б. Уменьшение скорости

В. Ускорение только равномерного движения по окружности.

Г. Ускорение любого движения

9 .Автомобиль начинает прямолинейное равноускоренное движение из состояния покоя. Какой путь будет пройден за 1 мин при движении с ускорением 2м / с2?

А. 1 мБ. 2 мВ. 120 мГ. 1800 мД. 3600 мЕ. 7200 м

10 .Какой путь пройден самолетом до остановки, если его ускорение в процессе торможения было равно 6 м/с2, а скорость в момент начала торможения 60 м/с?

А. 600 мБ. 300 мВ.360 мГ.180 м

11 . Искусственный спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом R с периодом обращения 1 сут. Каковы путь и перемещение спутника за 12 ч?

А. Путь и перемещение одинаковы и равны нулю.

Б. Путь и перемещение одинаковы и равны 2nR.

В. Путь и перемещение одинаковы и равны 2R.

Г. Путь 2nR, перемещение 0.

Д. Путь nR, перемещение 0.

1. Путь пR,перемещение 2R.

12. Если обозначить *I* **-путь, s - перемещение тела за время t,** At **и** As **- путь и перемещение тела за сколько угодно малый интервал времени** At**, то какой формулой определяется мгновенная скорость тела?**

А. *I*/ tb. s/tB. As/Atr. A*I*/At

13 .Автомобиль начинает прямолинейное равноускоренное движение из состояния покоя. Какой путь будет пройден за 0,5 мин при движении с ускорением 0,4м / с2?

А. 0,05 мБ. 0,1 мВ. 12 мГ. 180 мД. 360 м

14 .Какой путь пройден самолетом до остановки, если его ускорение в процессе торможения было равно 4 м/с2, а скорость в момент начала торможения 40 м/с?

А. 400 мБ. 200 мВ.160 мГ.80 м

15. Человек идет со скоростью 5 км/ч относительно вагона поезда по направлению его движения, поезд движется со скоростью 20 км/ч относительно Земли. С какой скоростью человек движется относительно Земли?

А. 5 км/чБ. 20 км/чВ.25 км/чГ.15 км/ ч

16. Каково направление вектора ускорения при равномерном движении тела по окружности?

А. По направлению вектора скорости

Б. Против направления вектора скорости

В. К центру окружности

Г. От центра окружности.

Д. Ускорение равно нулю.

17 **.Автомобиль на повороте движется по окружности радиуса 10 м с постоянной по модулю скоростью 5 м/с. Каково центростремительное ускорение?**

А. 0 м/с^2

Б. 2,5 м/с"

В .50 **м/с"**

Г.250 м/с^2

Д. 2 **м/с^2**

18 **.С каким периодом должна вращаться карусель радиусом 6,4 м для того, что бы центростремительное ускорение человека на карусели было равно 10 м/с$_2$?**

А. 5 сБ. 0,6 сВ.16 сГ. 4 сД. 2,5 с

19 . **Максимальное ускорение , с каким может двигаться автомобиль на повороте, равно 4м/с$_2$. Каков минимальный радиус окружности, по которой может двигаться автомобиль на горизонтальном участке пути со скоростью 72 км/ч?**

А. 18 мБ. 1300 мВ. 5 мГ. 100 м

С. .Человек идет со скоростью 5 км/ч относительно вагона поезда против направления его движения, поезд движется со скоростью 20 км/ч относительно Земли. С какой скоростью человек движется относительно Земли?

А. 5 км/чБ. 20 км/чВ.25 км/чГ.15 км/ ч

21 .Силы F_1 и F_2 приложены к одной точке тела, угол между векторами F_1 и F_2 равен 90_0. Чему равен модуль равнодействующей этих сил?

А. $F_i - F_2$Б. $F_2 - F_i$В. $F_i + F_2$

Г $\sqrt{FP + FZ^2}$

Д. $VF1^2 - F2^2$

22 .На тело со стороны Земли действует сила притяжения. Какое из приведенных ниже утверждений справедливо для силы, действующей со стороны этого тела на Землю?

А. $F_2 = F_L$В. $F_2 << F_i$В. $F_2 = 0$Г. $F_2 » F^\wedge$. $F_2 = - F_i$

23.В каких системах отсчета выполняются все 3 закона механики Ньютона?

А. Только в инерциальных системах

Б. Только в неинерциальных системах

В. В инерциальных и неинерциальных системах

Г. В любых системах отсчета

24 .Какая из перечисленных единиц является единицей измерения работы?

А. ДжоульБ. ВаттВ. НьютонГ. ПаскальД. Килограмм

25 .Какая физическая величина в Международной системе (СИ) измеряется в ваттах?

А. силаБ. ВесВ. РаботаГ. МощностьД. Давление

26 .Наклонная плоскость дает выигрыш в силе в 5 раз. Каков при этом выигрыш или проигрыш в расстоянии?

А.Проигрыш в 5 разБ. Выигрыш в 5 разВ. Не дает не выигрыша ни проигрышаГ. Выигрыш или проигрыш в зависимости от скорости движения

27 .Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Какова сила трения действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?

А. 0,35 НБ. 1,4 НВ. 3,5 НГ. 14 Н

28 .Спортсмен стреляет из лука по мишени: Сила тяжести действует на стрелу:

А. когда спортсмен натягивает тетиву лукаБ. когда стрела находится в полете

В. когда стрела попадает в мишеньГ. во всех этих положениях

29 . Плот равномерно плывет по реке со скоростью 1,6 м/с. Человек идет по плоту в противоположную сторону со скоростью 1,2 м/с. Какова скорость человека в системе отчета, связанной берегом?

А. 2,8 м/сБ. 1,2 м/сВ. 1,6 м/сГ. 0,4 м/с

30 .Назовите единицу измерения силы?

А. ДжоульБ. КулонВ. НьютонГ. Кельвин

31 . Какая физическая величина является векторной?

А.МассаБ.ПутьВ.ВремяГ. Сила

32 .Назовите единицу измерения мощности?

А. ГерцБ. ВаттВ. ГенриГ. Фарад

«Молекулярная физика»

1.Два тела разной температуры привели в контакт. Теплообмен между ними:

А. невозможен

Б. возможен только при других дополнительных условиях

В. возможен без всяких дополнительных условий Г. среди ответов нет правильного

2.Если положить огурец в соленую воду, то через некоторое время он станет соленым. Выберите явление, которое обязательно придется использовать при объяснении этого явления:

А. диффузияБ. конвекцияВ. химическая реакцияГ. теплопроводность

3.При какой температуре молекулы могут покидать поверхность воды?

А. только при температуре кипенияБ. только при температуре выше 100°С

В. только при температуре выше 20°СГ. при любой температуре выше 0°С

4. Температура газа равна 250 К. Средняя кинетическая энергия молекул газа при этом равна:

А. - 5 -io –и Дж

Б. 5 10 **:j Дж**

В. 5 ■ 10 **Дж**

г 5 10-11 Дж

5 .Когда надутый и завязанный шарик вынесли на улицу морозным днем он уменьшился в размерах. Это можно объяснить:

А. уменьшились размеры молекулБ. уменьшилась кинетическая энергия молекул

В. уменьшилось число молекулГ. молекулы распались на атомы

6 .При разработке нового автомобиля необходимо решать следующую экологическую проблему:

А. увеличить мощность двигателяБ. уменьшить токсичность выхлопных газов

В. улучшить комфортность салонаГ. уменьшить расход топлива

7 .Температура первого тела - 5°С, второго 260К, а третьего 20°С. Каков правильный порядок перечисления этих тел по возрастанию температуры?

«Электричество»

1 .Какая из формул выражает закон Кулона:

А. $q_t + q,\sim q, = const$

_ kilk'l

Б . Г = А' 1111

E-r²

В. A = G ■ [1] , ~
Jt
Г . F - - A' A’

5 .Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных электрических зарядов если расстояние между ними увеличить в 3 раза?

2 .Сила действующая на заряд 0,00002Кл в электрическом поле, равна 4Н. Напряженность поле в этой точке равна:

А. 200000Н/КлБ. 0,00008Н/КлВ. 0,00008Кл/НГ. 5 • 10-6Кл/Н

А. увеличится в 3 разаБ. уменьшится в 3 разаВ. увеличится в 9 раз
Г. уменьшится в 9 раз

6 .По какой из формул можно рассчитать электроемкость плоского конденсатора?

А. *С* - С, + с, +... + **С 1 2 лг**

Б. С = -

м

Г. С = явит

7 . Единицей измерения электрического заряда в системе *СИ* является:

А. кулонБ. браслетВ. кольеГ. амулет

8 .Чему равна сила тока в резисторе сопротивлением 2 Ом, если напряжение на его концах 2 В:

А. 2 АБ. 1 АВ. 4 АГ. 1,5 А

9 .Какими носителями электрического заряда создается ток в жидкостях:

А. электронамиБ. ионамиВ. дырками Г. любыми заряженными частицами

10 .При напряжении 20 В через нить электрической лампы течет ток 5 А. Сколько тепла выделит нить лампы за 2 мин.

А. 2400 ДжБ. 12000 ДжВ. 200 ДжГ. 40 Дж

11 .Как узнать, что в данной точке пространства существует электрическое поле?

А. поместить в эту точку магнитную стрелку и посмотреть, ориентируется ли она
Б. поместить в эту точку заряд и посмотреть действует ли на него сила электрического поля.
В. поместить в эту точку лампу накаливания и посмотреть, загорится ли она
Г. это нельзя определить экспериментально, т.к. поле не действует на наши органы чувств

12 . Назовите единицу измерения электроемкости:

А. литрБ. $м^3$В. ФарадГ. килограмм

13.В спирали электрической плитки течет ток силой 3А при напряжении 300В. Сколько энергии потребляет плитка за 15с?

А. 450ДжБ. 2000ДжВ. 13500ДжГ. 9000Дж

14.**В электрическом чайнике при нагревании воды происходит преобразование**:

А. электрической энергии в кинетическую энергию
Б. внутренней энергии в электрическую энергию
В. электрической энергии во внутреннюю энергию
Г. внутренней энергии в кинетическую энергию

15 **.Сопротивление резистора увеличили в 2 раза. Как при этом изменилась сила тока, протекающая через этот резистор?**

А. уменьшилась в 2 разаБ. увеличилась в 2 разаВ. не изменилась Г. увеличилась в 4 раза

16 **.Носителями тока в металлах являются:**

А. ионыБ. электроныВ. дыркиГ. любые заряженные частицы

17 **.Назовите единицу измерения силы тока:**

А. ньютонБ. амперВ. вольтГ. Ом

18 **.Газовый разряд это:**

А. процесс протекания тока в жидкостяхБ. процесс протекания тока в газах
В. процесс протекания тока в вакуумеГ. удар молнии

19 **. Какие заряженные частицы переносят электрический ток в полупроводниках**

А. электроны и ионыБ. электроны и дыркиВ. нейтроныГ.только ионы

20 **. От чего не зависит сопротивление проводника?**
А. температурыБ. размерыВ. материалаГ. Напряжения
21 **. Какой прибор служит для измерения сопротивления**
А. омметрБ. ваттметрВ. амперметрГ. Динамометр

Ключи правильных ответов к фонду Оценочных средств по дисциплине:

ОУД.09 Физика.

Ключи к разделу: «Механика»

Разде	2 «]	4ех	1Н	а5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
г	г	в	в	г	а	г	г	д	б	е	в	г	б	в	в

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
б	б	г	г	г	д	а	а	г	а	г	г	г	в	г	б

Ключи к разделу: «Молекулярная физика»

1	2	34	5	6	7	8	9	10	11	12	13
в	а	гб	б	б	в	б	а	г	а	в	а

Ключи к разделу: «Электричество»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
б	а	г	г	в	в	а	б	б	б	б

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
в	в	в	а	б	б	б	б	г	а

1. Сила, возникающая в результате деформации тела и направленная в сторону, противоположную перемещению частиц тела, называется:
+А. силой упругости. Б. силой тяжести. В. весом тела.
2. Формула, выражающая II закон Ньютона?
А.P = ma +Б.a = F/mB.F = pNF.F = Gm^/R2
3. По какой формуле определяют силу тяжести?
+А. mg. Б. k Al. В. vt.
4. Человек, масса которого 80 кг, держит на плечах мешок массой 10 кг. С какой силой давит человек на землю?
А. 800Н. Б. 700Н. +В. 900 Н.
5. Чему примерно равна сила тяжести, действующая на мяч массой 0,5кг?
+А. 5 Н. Б. 0,5 Н. В. 50 Н.
6. Тело массой 500 г свободно падает с некоторой высоты. В момент падения на землю его кинетическая энергия равна 100 Дж. С какой скоростью упало тело?
А. 400 м/с. +Б. 20 м/с. В. 45 м/с. Г. 300 м/с.

7. Определите кинетическую энергию тела массой 200г, которое движется со скоростью 72м/с.
А.5184 Дж. Б. 5000 Дж. В. 5185 Н. +Г. 518,4 Н.
8. Какую массу груза нужно поднять на высоту 2 м, чтобы он обладал энергией 62500 Дж?
А. 3000 Дж. Б. 4125 Дж. +В. 3125 Дж. Г. 150 Дж.
9. Совершается ли работа и если да, то какого знака?
Пример: Гиря часов весит 5 Н и опускается на 120 см;

+А. А > 0. Б. А < 0. В. А = 0.

10. Совершается ли работа и если да, то какого знака?

Пример: Груз массой 120 кг поднимают на высоту 50 см;

+А. А > 0. Б. А < 0. В. А = 0.

11. Совершается ли работа и если да, то какого знака?

Пример: Книгу массой 400 г поднимают на высоту 1 м;

+А. А > 0. Б. А < 0. В. А = 0.

12. Величину равную произведению массы точки на ее скорость называют:

А. Импульсом силы. Б. Работой силы тяжести.

+В. Импульсом материальной точки. Г. Силой трения.

13. Сила тяготения - это сила обусловленная:

+А. Гравитационным взаимодействием.

Б. Электромагнитным взаимодействием.

В. И гравитационным, и электромагнитным взаимодействием.

14. В каких единицах в СИ измеряется коэффициент упругости тела?

А. Н/км. Б. Дин/см. +В. Н/м. Г. Н*м.

15. Кто впервые убедился в существовании хаотического движения молекул?

А. Ф.Перрен. +Б. Р.Броун. В. А.Эйнштейн. Г. Л.Больцман.

16. Чему равна постоянная Больцмана?

А. 1,3 * 10^{12} кг/моль. Б. 1,38 *10^{23} К/Дж.

+В. 1,38 * 10^{-23} Дж/К. Г. 1,3 * 10^{-12} моль/кг.

17. Значение температуры по шкале Кельвина определяется по формуле.

А. T= t - 273. Б. T= 273t. +В. T= t + 273. Г. T= 273 - t.

18. Чему равно число Авогадро?

А. 6 * 10^{4} моль. Б. 6 * 10^{23} моль. + В. 6 *10^{23} моль-^{1}. Г. 6 * 10^{26} моль-^{1}.

19. Как называются явления, обусловленные изменением температуры тела?

А. Электрические. +Б. Тепловые. В. Магнитные. Г. Механические.

20. Явление проникновения молекул одного вещества в межмолекулярное пространство другого называется

А. Конвекция. Б. Деформация. В. Дифракция. + Г. Диффузия.

21. Значение температуры по шкале Цельсия, соответствующее абсолютной температуре 10 K, равно:

А. -- . +Б. - . В. - '. Г. -'•.

22. Броуновским движением называется

А. упорядоченное движение слоев жидкости (или газа).

Б. упорядоченное движение твердых частиц вещества, взвешенных в жидкости (или газе).

В. конвекционное движение слоев жидкости при ее нагревании.

+Г. хаотическое движение твердых частиц вещества, взвешенных в жидкости (или газе).

23. Укажите пару веществ, скорость диффузии которых наибольшая при прочих равных условиях:

А. Раствор медного купороса и вода. +Б. Пары эфира и воздух.

В. Свинцовая и медная пластины. Г. Вода и спирт.

24. Изменение температуры обозначается ...

+А. $At=t_2-t_i$. Б. At= Q/ст. В. $At=t_2+t_i$. Г. $At=t_?/t_i$.

25. Удельная теплоемкость вещества обозначается.

+А. с. Б. А. В. q. Г. Q.

26. Количество теплоты, полученное телом при нагревании рассчитывается по формуле.

+А. $Q=em(t_2-t_i)$. Б. Q=qm. В. m= p-V.

27. Какая из формул выражает закон Ома для полной цепи?

А. Q=IUt. Б. I=U/R. В. E=A/q. Г. P=IU. +Д. I=E/(R + r).

28. Какую мощность потребляет лампа сопротивлением 10 Ом, включённая в сеть

напряжением 220 В?
+А. 4840 Вт. Б. 2420 Вт. В. 110 Вт. Г. 2200 Вт. Д. 22 Вт.

29. Электрическим током называется...
А. Тепловое движение молекул вещества.
Б. Хаотичное движение электронов.
+В. Упорядоченное движение заряженных частиц.
Г. Беспорядочное движение ионов.
Д. Среди ответов нет правильного.

30. Согласно закону Джоуля - Ленца, количество теплоты, выделяемое проводником с током пропорционально.
А. силе тока, сопротивлению, времени.
+Б. квадрату силы тока, сопротивлению и времени.
В. квадрату напряжения, сопротивлению и времени.
Г. квадрату сопротивления, силе тока и времени.
Д. напряжению, квадрату сопротивления и времени.

31. Сопротивление двух последовательно соединённых проводников равно.
А. сопротивлению одного из них. +Б. сумме их сопротивлений.
Г. разности их сопротивлений. Д. произведению сопротивлений.
Е. среди ответов нет правильного.

32. Какая формула выражает закон Ома для участка цепи?
А. I=q/t. Б. A=IUt. В. P=IU. + Г. I=U/R. Д. R=pl/S.

33. Силу тока на участке цепи измеряют.
+А. Амперметром. Б. Вольтметром. В. Омметром. Г. Манометром.
Д. Динамометром.

34. Мощность тока в резисторе рассчитывается по формуле:
А. A=Pt. +Б. P=IU. В. R=pl/S. Г. $S=nd_2/4$.

35. Сопротивление проводника зависит от.
А. Силы тока в проводнике. Б. Напряжения на концах проводника.
+В. От материала, из которого изготовлен проводник, от его длины и площади поперечного сечения.
Г. Только от его длины. Д. Только от площади поперечного сечения.

36. Каково напряжение на участке цепи постоянного тока с электрическим сопротивлением 2Ом и при силе тока 4 А?
А. 2 В. Б. 0,5 В. +В. 8 В. Г. 1 В. Д. 4 В.

37. Работу тока за любой промежуток времени рассчитывается по формуле:
А. R=pl/S.E. P=IU.+В. A=Pt.r. $S=nd_2/4$.

38. Напряжение на участке можно измерить.
+А. Вольтметром. Б. Амперметром. В. Омметром. Г. Ареометром.

39. Тело брошено под углом к горизонту. Какова траектория движения тела:
А. прямая линия Б. винтовая линия +В. Парабола Г. окружность

40. Процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое называется:
А. кипение Б. парообразование В. Плавление +Г. кристаллизация

41. Явление, когда тела после натирания начинают притягивать к себе другие тела называется:
А. Фотосинтезом. Б. Ударной ионизацией. В. Фотоэффектом.
+ Г. Электризацией.

Вопросы по физике для викторины 1 вариант

Повышение температуры данного тела или материала
2. Приспособление для наблюдения мелких предметов на основе линзы
3. Основная единица расстояния
4. Электрический разряд как природное явление
5. Газообразное состояние воды
6. Разноцветное оптическое природное явление
7. Твёрдое состояние воды
8. Измеряется в джоулях
9. Русский изобретатель радио
10. Движение тела по окружности
11. Русский изобретатель лампы накаливания
12. Преобразует механическую энергию в электрическую
13. Прозрачный объект со сферической поверхностью

- 14. Раздел физики, изучающий вопросы распространения света
- 15. Английский учёный, сформулировавший закон всемирного тяготения

- 16. Его скорость — 343,3 метра в секунду
- 17. Она определяет гравитационные и инерционные свойства объекта
- 18. Единица измерения освещённости
- 19. Единица измерения объёма
- 20. Движение тела под действием силы тяжести (при отсутствии влияния других существенных сил)
- 21. Стремление движущегося тела сохранять движение
- 22. 4-е агрегатное состояние
- 23. Выдающийся физик сербского происхождения
- 24. Сила, с которой тело воздействует на опору
- 25. Процесс перехода из газообразного состояния в жидкое
- 26. Его скорость — около 300 тыс. километров в секунду
- 27. Источник тока в электрической цепи
- 28. Пространство, занимаемое каким либо веществом
- 29. Путь, по которому движется тело
- 30. Вещество, способное уменьшать плотность во время охлаждения
- 31. Раздел физики, занимающийся механическим движением тел 32. Служит для измерения плотности жидкости
- 33. Замкнутый участок электрической цепи
- 34. Вещество, плохо проводящее тепло или электрический ток
- 35. Оптический элемент, раскладывающий белый свет на составляющие

Ответы 1. нагревание 2. лупа 3. метр 4. молния 5. пар 6.радуга 7. лёд 8. работа 9. Попов 10. вращение 11. Лодыгин 12. генератор 13. линза 14. оптика 15. ньютон 16. звук 17. масса 18. люкс 19. литр 20. падение 21. инерция 22. плазма 23. Тесла 24. вес 25. конденсация 26. свет 27. батарея 28. объём 29. траектория 30. вода 31. кинематика 32. ареометр 33. контур 34. изолятор 35. Призма

Вопросы по физике для викторины 2 вариант

- 1. Препятствует перемещению соприкасающихся тел относительно друг друга
- 2. Наименьшая частица вещества, сохраняющая его свойства, состоящая из атомов
- 3. Состоит из протонов и нейтронов
- 4. Устройство, пропускающее ток только в одном направлении
- 5. Единица для измерения работы, теплоты и энергии
- 6. Между нижней границей видимого спектра и верхней границей рентгеновского излучения
- 7. Отношение изменения скорости ко времени, за которое оно произошло
- 8. Красивое оптическое явление в небе
- 9. Вещество, уменьшающее свою плотность при охлаждении
- 10. Единица для измерения мощности
- 11. Основная единица длины
- 12. Оптический прибор для наблюдения звёзд и планет
- 13. Путь, по которому двигается тело
- 14. Газообразное состояние воды
- 15. Находится в атомном ядре и обладает положительным зарядом
- 16. Машина, превращающая механическое движение в электричество
- 17. Находится в атомном ядре и не имеет электрического заряда
- 18. Античастица электрона
- 19. Приспособление с линзами для коррекции зрения
- 20. Пространство, занимаемое веществом
- 21. Стандартная единица объёма
- 22. Прозрачное тело со сферическими поверхностями
- 23. Сформулировал закон всемирного тяготения
- 24. Определяет инерционные и гравитационные свойства объекта
- 25. Процесс перехода из газообразного в жидкое состояние
- 26. Единица освещённости
- 27. Приспособление для наблюдения мелких предметов на основе сферической линзы
- 28. Наука о силах, действующих на движущиеся в воздухе тела
- 29. Четвёртое агрегатное состояние
- 30. Вещество, плохо проводящее теплоту или электрический ток
- 31. Раскладывает белый свет на составляющие

Ответы:

1. трение 2. молекула 3. ядро 4. диод 5. джоуль 6. ультрафиолет 7. ускорение 8. радуга 9. вода 10. ватт 11. метр 12. телескоп 13. траектория 14. пар 15. протон 16. генератор 17. нейтрон 18.

позитрон 19. очки 20. объём 21. литр 22. линза 23. Ньютон 24. масса 25. конденсация 26. люкс 27. лупа 28. аэродинамика 29. плазма 30. изолятор 31. призма

Вопросы с ответами к зачету

Билет 1.

Вопрос 1.

Предмет механики. Пространство и время в механике Ньютона. Система отсчёта. Кинематика материальной точки. Закон движения. Скорость, угловая скорость, ускорение, угловое ускорение.

Механика –наука о движении и равновесии тел. При построении теории физика заменяет реальные обьекты их идеализированными моделями. Движение – это изменение относительнеого положения тела с течением времени. Впервые принципы механики сформулированы Ньютоном в «Математических началах натуральной философии». Тело или система тел, относительно которых определяется положение остальных тел называется простанственной системой отсчета (ПСО). В качестве ПСО можно взять произвольное твердое тело и связать с ним координатные оси, например, декартовой системы координат. Существует два вида координатных систем: 1) правая, 2) левая. Определяются они с помощью правила буравчика.

Пространство (по Ньютону) – это совокупность физического тела и возможных его продолжений.

Время – это показание каких-то часов (под часами понимается любое тело или система тел, в которых совершается периодический процесс,служащий для измерения времени).

Материальная точка – это тело, размеры которого пренебрежимо малы, что в рассматриваемом движении их можно не принимать во внимание и считать, что все вещество тела как бы сосредоточено в одной точке. Материальная точка – это абстракция, идеализированный образ реально существующих тел.

Движение материальной точки будет описано полностью, если известно ее положение в любой момент времени относительно выбранной системы отсчета. Полное описание движения сводится к нахождению трех координат: x = x(t); y = y(t); z = z(t); или к нахождению векторной функции r = r(t). I , Av *x(1 + ЬI)-x(()*

A? A?

$$V = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t}$$

– мгновенная скорость.

Производная скорости по времени называется ускорением материальной точки:

Av . v(,+ A/)-v(H

$$a = \frac{dv}{dt} = \dot{v}(t) = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$$

a = i IDI — = *i ini* v^'J Д/ v -HI Д/

Понятие угловая скорость и угловое ускорение относятся к случаю движения материальной точки по окружности. Положение точки М на окружности задается углом α, который составляет радиус-вектор точки М с неизменным направлением ОХ. Производная этого угла по времени называется угловой *da* CD = — скоростью ω: *dt* . Если ω = Const, то движение равномерно. ν=ω/2π – число оборотов в единицу времени (частота обращения).

Первая призводная угловой скорости и вторая производная угла по времени – это угловое

• *det) cГa*
co = — = ——
dt dt .

ускорение: Продифференцируем S=r×α по времени и получаем:

S'=(r')*α+(α')*r=ω*r

S''=(ω*r)'=r*ω'+r'*ω=rε (тангенциальное ускорение)+v*ω (=v^2/r — центростремительное).

Вопрос 2.

Стоячие акустические волны. Акустические резонаторы.

При наложении распространяющихся навстречу монохроматических волн одинаковой частоты, амплитуды (например, прямой и отражённой) образуются стоячие волны.

s(t,x)=Acos[a (t-x/c)]-Acos[a (t+x/c)]=2Asin[ax/c]sina t

В каждой точке порисходит гармоническое колебание с частотой ω, причём амплитуда зависит от положения точки по закону: *A(x)=2A\sin[a>x/c]*

Акустическая волна – это периодическое возмущение плотности среды, распространяющееся в среде со скоростью звука. Периодические возмущения плотности среды называются акустическими колебаниями. Акустические колебания бывают продольными (колебания вдоль направления распространения волны) и поперечными (колебания в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны).

Стоячая акустическая волна – это акустическая волна, которая является суперпозицией прямой и отраженной волны в ограниченной среде. Распределение амплитуды стоячей волны (пучности и узлы) зависит от физических параметров среды и граничных условий.

Акустический резонатор – это устройство, предназначенное для получения резонанса акустических колебаний в среде, заполняющей устройство. Акустический резонатор имеет ряд собственных резонансных частот, каждая из которых имеет собственную добротность и, соответственно, затухание. Ряд колебаний на резонансных частотах резонатора называются модами резонатора.
Распространенные примеры:

1. Камертон – устройство для настройки музыкальных инструментов, издающее звук, высота которого соответствует одной из семи нот музыкального ряда.. Для камертона важным является не только долгое (малое затухание) и чистое звучание, но и возбуждение только одной из мод этого резонатора. Именно форма камертона позволяет возбуждать колебание только одной моды с высокой добротностью. Остальные моды имеют низкую добротность колебаний.
2. Кварцевый резонатор – это устройство, где в качестве акустической среды используется пластинка кристаллического кварца. Пластинка хорошо отполирована, грани выполнены с высокой степенью параллельности. Длины волн собственных мод колебаний описывабтся уравнением

$$L = n \lambda_p/2,$$

где λ_p- длина волны, которая может испытывать резонанс при длине резонатора L, n – целое число.

Билет 2.

Вопрос 1.

Инерциальные системы отсчёта. Преобразования Галлилея. Инварианты этого преобразования.

Система отсчёта, в которой все свободные тела движутся прямолинейно и равномерно называется **инерциальной.**

Утверждение впервые высказанное Г. Галилеем, о том, что во всех инерциальных системах координат механические явления протекают одиноково, называется принципом относительности Галилея. В дальнейшем в результате изучений других явлений, в частности электромагнитных, справедливость этих полоений была признана для любых явлений. В таком общем виде оно называется принципом отнгсительности СТО или просто принципом относиельности

Преобразования Галилея. Рассмотрим систему отсчета, либо неподвижную, либо движущуюся с постоянной скоростью и с единым временем. Для этих систем справедлив принцип относительности Галилея. Имеется система отсчета К и система отсчета К', которая движется со скоростью V относительно системы К.



[x; y; z; t ⟵ x; y'; z'; t']

Физическая сущность этого преобразования составляет принцип относительности Галилея

1. $t = t'$
2. AD = AD' (длины отрезков одни и те же).

Следующие преобразования отражают механический принцип относительности: $x' = x - vt$; $y' = y$; $z' = z$; $t' = t$

Обратные преобразования: $x = x' + vt$; $y = y'$; $z = z'$; $t = t'$

(из них можно получить закон сложения скоростей)

Уравнения, остающиеся неизменными при переходе от одной системы отсчета к другой, называются **инвариантными.**

События, одновременные в одной системе, одновременны и в другой, т. е. утверждение об одновременности двух двух событий имеет абсолютный характер, независимый от системы координат.

Длинна – инвариант преобразований Галлилея. Длинной движущегося стержня наз. расстояние между координатами его концов в некоторый момент времени. Следуя из этого инвариантность длинны легко доказывается.

Интервал времени явл. инвариантом преобразований Галлилея ($\Delta t = t_2 - t_1 = t'_2 - t'_1 = \Delta t'$)

Сложение скоростей получается из дифференциирования формул преобразования Галлилея.

Ускорение инвариантно относительно преобразований Галлилея. Это утверждение доказывается дифференциированием преобразований скорости и учитывая, что $\Delta t = \Delta t'$.

Вопрос 2.

Деформации тел. Типы деформаций. Коэффициэнт Пуассона. Законы Гука для одноосного растяжения и сдвига. Связь между модулями сдвига и Юнга.

Деформации тел. Опыт показывает, что под действием приложенных сил тела в той или иной степени меняют свою форму и объем, что на микроскопическом уровне означает относительное смещение атомов, составляющих тело. Такие изменения называются деформациями. В случае твердых тел различают два предельных случая: деформации упругие и деформации пластические. **Упругими** называют деформации, исчезающие после прекращения действия приложенных сил. **Пластическими** или остаточными деформациями называют такие деформации, которые сохраняются в теле, по крайней мере частично, и после прекращения действия внешних приложенных сил. Если напряжение (сила, отнесенная к единице площади) не превосходит предела упругости, то возникающая деформация будет упругой. Для удобства описания деформаций мысленно разобьем тело на физически малые объемы (иногда их будем называть частицы), содержащие, однако, большое число атомов. В отсутствие деформаций атомы находятся в состоянии теплового равновесия, а все малые объемы — в механическом равновесии. Тогда сумма сил и моментов сил, действующих на выделенный объем со стороны примыкающих к нему других объемов, будет равна нулю. Изменения положений атомов при деформациях приводят к тому, что в теле возникают внутренние силы, или внутренние напряжения, стремящиеся вернуть тело в состояние равновесия. Только соседние атомы или молекулы эффективно взаимодействуют друг с другом.

Типы деформаций. Коэффициент Пуассона. При всем многообразии случаев произвольную деформацию тела можно свести к двум элементарным деформациям — растяжению (сжатию) и сдвигу. При растяжении резинового шнура его поперечный размер d уменьшается до величины d_1. Такое поперечное сжатие характеризуется параметром $\varepsilon_\perp=(d_1-d)/d=\Delta d/d$. Продольный размер изменяется на Δl и характеризуется величиной $\varepsilon=(l_1-l)/l=\Delta l/l$. Опытным путем установлено, что отношениек $\varepsilon_\perp$ к ε приблизительно одинаково для разных деформаций одного и того же материала. Поэтому в теории упругости материал характеризуется коэффициентом Пуассона:

$$\mu=-(\varepsilon_\perp/\varepsilon)$$

Подсчитаем численное значение коэффициента Пуассона? Чтобы ответить на этот вопрос, подсчитаем изменение объема резинового шнура:

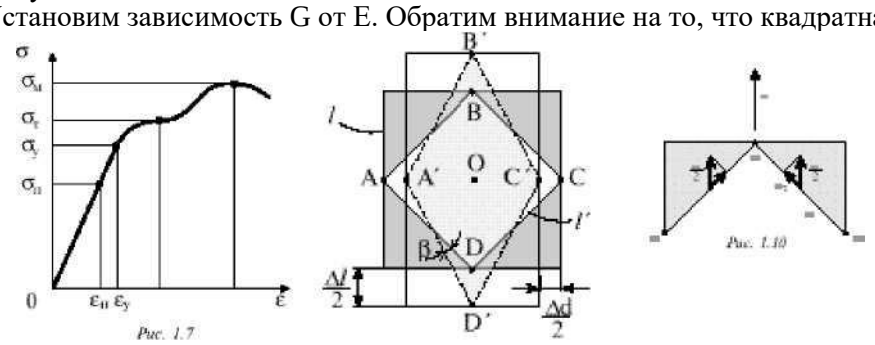
$$V=ld^2,\ V_1=l_1d_1^2=l(1+\varepsilon)d^2(1+\varepsilon_\perp)^2=\ [\text{раскроем скобки и пренебрегём } \varepsilon_\perp^2,\ 2\varepsilon\varepsilon_\perp,\ \varepsilon\varepsilon_\perp^2]\ \approx V(1+\varepsilon+2\varepsilon_\perp)$$

$$\Delta V/V=(V_1-V)/V\approx\varepsilon+2\varepsilon_\perp=\varepsilon(1-2\mu).$$

Законы Гука. В ряде практически важных случаев напряжения определяются только деформациями. Такие тела называются абсолютно упругими телами, или упругими телами. Замечательным свойством таких тел является способность полностью восстанавливать свою форму после снятия внешних усилий, прикладываемых к телу. Рассмотрим, например, растяжение (или сжатие) стержня под действием силы F, приложенной перпендикулярно к торцевой грани с площадью сечения S. При последовательном возрастании нагрузки вначалеформации развиваются равномерно по длине стержня и растут пропорционально нагрузке: $\varepsilon=(l_1-l)/l=F/SE=\sigma/E$. Величина σ =F/S называется нормальным напряжением в торцевом сечении стержня. Пропорциональность деформаций ε соответствующим напряжениям выражает закон Гука. E – модуль Юнга. Закон Гука окончательно записывают в виде $\varepsilon=\sigma/E$.

Опыт показывает, что этот закон выполняется лишь в определенном интервале напряжений. При некотором напряжении появляется заметное остаточное удлинение. Это напряжение s называется пределом упругости. Закон Гука выполняется только в части области упругости — области пропорциональности. При возрастании нагрузки наблюдается явление текучести, т.е. рост удлинения образца при постоянной нагрузке , называемой пределом текучести. Отметим, что течение материала происходит равномерно по всей длине стержня. За пределами области текучести дальнейшее удлинение стержня сопровождается увеличением σ. Однако деформации будут распределены уже неодинаково по длине стержня — в некотором месте можно заметить образование шейки. При напряжении σM , называемом пределом прочности, в этом ослабленном сечении происходит разрыв. Аналогичными оладают и деформации сдвига. Вобласти пропорциональности связь между деформацией и касательным напряжением задаётся соотношением: $\gamma=F/(GS)=\sigma\tau/G$, где $\sigma\tau=F/S$ – касательное напряжение, а G – модуль сдвига.

Установим зависимость G от E. Обратим внимание на то, что квадратная грань ABCD параллелепипеда



(рис. 1.9), находящегося внутри рассматриваемого кубика, превращается при деформации в ромбическую грань A'B'C'D'. Совершенно ясно, что параллелепипед испытывает сдвиговую деформацию, а его объем при этом практически не изменяется. Величину угла сдвига α можно легко

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\beta\right)=\frac{\frac{\Delta}{2}+\frac{\Delta}{2}}{\frac{\Delta}{2}-\frac{\Delta d}{2}}=\frac{1+\varepsilon}{1+\varepsilon_\perp}=\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon\mu}$$

связать с деформацией удлинения ε=Δ*l*/*l* и коэффициентом Пуассона μ=–ε⊥/ε. Из треугольника A'OD' следует, что:
Поскольку b <<1, то
В последней формуле учтено, что eμ << 1. Сила F, растягивающая кубик (рис. 1.10), создает нормальное напряжение σ=F/l^2. Это напряжение передается на грани AB и BC параллелепипеда, однако силы, действующие на каждую из граней, имеют не только нормальную к грани, но и направленную

Пр#1ршмШ1ш1 iipiMJc 'liiLiii (L2H и <1.22), йшоодмм

ii. = 20 =-j^^—■ til + |i|. **(|.23l**

вдоль грани составляющую Fτ. Касательное напряжение оказывается при этом равным:

$$a = \frac{F_\tau}{l \cdot l'} = \frac{2 \cdot (1 - a \cdot l \cdot l \cos^n)}{l \cdot l'} = \frac{4\sigma}{2} \qquad (1.24)$$

Поскольку деформации e в формуле (1.23) пропорциональны напряжениям, а σ=2στ, то: α=2(1+μ)στ/E. Сравнивая последнее равенство с соотношением γ=F/(GS)=στ/G и учитывая, что γ=tgα≈α, получаем то, что искали: G = E /2(1+μ).

Билет 3.

Вопрос 1.

Понятие массы, импульса, силы в механике Ньютона. Законы Ньютона и их инвариантность относительно преобразований Галилея.

Масса:

1) Всякое тело оказывает сопротивление при попытках изменить модуль или направление его скорости. Это свойство тел называется инертностью. Масса - мера инертности.

2) Изолированная система – система тел, настолько удаленных от всех остальных тел, что они практически не оказывают действия на рассматриваемую систему.

Рассмотрим изолированную систему из двух материальных точек (их скорости много меньше скорости света). $\Delta\mathbf{v}1, \Delta\mathbf{v}2$ - приращения скоростей м.т. за одинаковый Δt. Из опыта: $m_1\Delta\mathbf{v}1 = -m_2\Delta\mathbf{v}2$, где m_1, m_2 - положительные величины, не зависящие от характера взаимодействия между м.т., от $\Delta\mathbf{v}1$ и $\Delta\mathbf{v}2$, а зависящие только от самих м.т. Тогда m_1, m_2 – инертные массы м.т. 1 и 2.

Импульс: $\mathbf{p}=m\cdot\upsilon$ - импульс м.т. Импульс системы м.т. - $\mathbf{p}=\mathbf{p}1+\mathbf{p}2+...+\mathbf{p}n$

Сила: Сила - любая причина, изменяющая импульс движущегося тела (мера взаимодействия). Одно из количественных определений: $m\mathbf{r}''=\mathbf{F}$.

Законы Ньютона:

I. Существуют такие системы отсчета, в которых изолированная точка движется прямолинейно и равномерно (инерциальные системы отсчета).

II. (уравнения движения м.т.): $(m\upsilon)'=\mathbf{F}$. (в ИСО)

III. Силы взаимодействия двух м.т. равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей их.

В замкнутой системе из двух м.т. $\mathbf{p}1+\mathbf{p}2=\mathbf{const}$ (из $m_1\cdot\Delta\mathbf{v}1=-m_2\cdot\Delta\mathbf{v}2$) $\Rightarrow \mathbf{p}1'=-\mathbf{p}2' \Rightarrow \mathbf{F}1=-\mathbf{F}2$

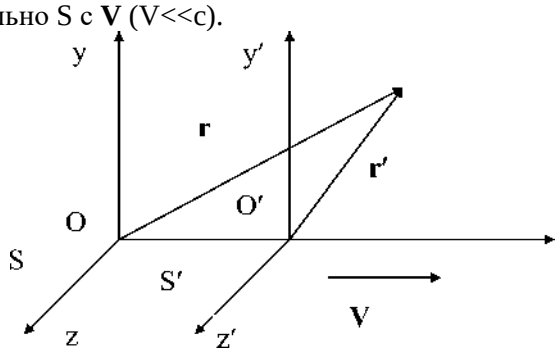
Следствие из III (закон сохранения импульса замкнутой системы м.т.): (1) , где (2) - полная внутренняя сила, действующая на j-тую частийу системы м.т.,

(3) - полная внешняя сила, действующая на j-тую частийу системы м.т.

Тогда (4)⇒(5)

Инвариантность:

S - ИСО, S′ движется относительно S с $\mathbf{V}$ ($V<<c$).



Замкнутая система – это система, удалённая от остальных тел, на которую не оказывается действие.

Рассмотрим изолированную систему из двух мат. Точек, после взаимодействия их скорости изменятся на $\Delta V1$ $\Delta V2$

Векторы будут связаны так: $m1V1 = -m2V2$, коэфициенты m1,m2 называются **массами**

Опр. Величина $m\mathbf{v} = \mathbf{p}$ называется **импульсом** материальной точки, импульс системы – это сумма импульсов всех её точек. Импульс замкнутой системы из двух точек неизменен.

Сила.

Под силой в механике Ньютона принимается любая причина изменяющая импульс движущегося тела.

Рассмотрим Инерциальную систему отсчёта:

$$dp/dt = t/dt*(mv) = F$$

Величина называется силой, действующей на тело, очевидно, сила – векторная величина.

Второй закон Ньютона: Таким образом в И.С.О. поизводная импульса по времени равна силе действующей на тело.

Рассмотрим две точки в И.С.О.:

$\mathbf{P}1+\mathbf{p}2=\text{const}$,следовательно $d\mathbf{p}1/dt + d\mathbf{p}2/dt = 0$

Следовательно $\mathbf{F}1 = -\mathbf{F}2$, где $\mathbf{F}1$ и $\mathbf{F}2$ – силы взаимодействия

Третий закон Ньютона: То есть силы взаимодействия двух мат. Точек равны по величине и противоположны по направлению. Действуют они по прямой, соединяющей эти две точки.

Т.к. $\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{V}t'$, $t=t'$

$$d\mathbf{r}/dt = d\mathbf{r}'/dt + \mathbf{V} = d\mathbf{r}'/dt' + \mathbf{V}'.$$

Билет 4.

$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{V}$ – закон сложения скоростей

d**v**/dt = d**v**'/dt = d**V**/dt , **a** = **a**'

Сис. Отсчёта, двигающаяся равномерно и прямолинейно относительно И.С.О. – является И.С.О.

Так как **F**=**F**'следовательно сила инвариантна относительно преобразований Галилея.Ускорение тоже инвар.

Следовательно, уравнения механики Ньютона инвариантны относительно преобр. Галилея.

Вопрос 2.

Кинетическая энергия твёрдого тела. Теорема Кёнига.

Опр. Работой силы на перемещении называется поекция этой силы на направление перемещения, умноженная на перемещение. dA = FdS = FdScosα.

Если сложить все элементарные работы и перейти к пределу, устремив к 0 длинны всех элементарных

перемещений, а их число к ∞, то такой предел обозначается символом: $\int_L$, и наз. криволинейным интегралом вектора F вдоль траектории L. Элементарная работа результирующей 2-х или нескольких сил равна сумме элементарных работ этих сил.

F=dp/dt, ds=v dt ⇒ A=∫(v dp)=[p=mv, v dp=mv dv, скалярное произведение самого на себя равно

$$\int_{v}^{v} mv\,dv = \frac{mv^2}{2}$$

квадрату длинны]=$mv^2/2$. $A_{12}=m$ речь идёт о работе при перемещении материальной точки из положения 1 в положение 2. Величина $K=(mv^2/2)=p^2/2m$ наз. кинетической энергией материальной точки. Работа силы при перемещении материальной точки равна приращению кинетической энергии этой точки. Кинетической энергией системы наз. сумма кин. эе. м.т., из к-х эта система состоит.

Как преобразовыается кинетическая энергия из одной системы в другую? Скорости связаны соотношением: v=v'+V ⇒ $(Mv^2)/2 = (mv'^2)/2 + (mV^2)/2 + mv'V$

или $K =K'+(mV^2)/2+(p'V)$, где p'=mv' – импульс материальной точки в системе S'.

Это справедливо и для системы м. т. (мы можем рассмотреть их по две)

$K=K'+(mV^2)/2 + m(Vv')/$

Это теорема Кёнига:

Кинетическая энергия системы м. т. равна сумме кин. энергии всей массы системы, мысленно сосредоточенной в её центре масс и движущейся вместе с ним, и кин. энергии той же сиситемы в её относительном движении по отнош. К поступательно движущейся системе с началом в центре масс.

Билет 4.

Вопрос 1.

Законы описывающие индивидуальные свойства тел: закон всемирного тяготения, закон Гука, законы для сил сухого и вязкого трения.

Закон всемирного тяготения. Этим законом определяется сила F притяжения между точечными телами, находящимися на расстоянии r друг от друга, в виде: $F=Gm_1m_2/r^2$.
Закон Гука. Для деформируемого, тела при упругих деформациях в области пропорциональности: F=–kx.
Сухое трение. Сила сухого рения покоя возникает на поверхности двух соприкасающихся тел и равна разности сил приложенных к телам. Если 2 поверхности движутся, то сила сухого трения пропорциональна силе нормального давления.
Сила вязкого трения. В случае силы сухого трения при сила, меньших силы трения скольжения 2 поверхности не движутся относительно друг друга, а вслучае вязкого трения какова бы ни была сила – возникнет движение, причем для малх скоростей силя вязкого трения пропорциональня скорости, а на больших скоростях её квадрату.

Вопрос 2.

Акустические волны. Связь между давлением, плотностью, скоростью и смещением частиц воздуха в волне. Интенсивность акустической волны.

Звуковые (акустические) волны - упругие волны в воздухе, частоты которых лежат в пределах от 20 до 20 000 колебаний в секунду.
Ж и газы обладают только объёмной упругостью. В них возможны только продольные волны.
Рассмотрим участок газа, сечения s, длины dx.

P_x *s P_{x+dx} *s

$\rho_0 s\, dx\, \partial^2S/\partial t^2 = [P_x - P_{x+dx}]\, s$
$\rho_0 \partial^2S/\partial t^2 = - \partial P/\partial x$
При малых изменениях давления у положения p_0:

$$dP=(\partial P/\partial\rho)\rho_0\, dp=c^2\, d\rho$$
$$-\partial P/\partial x=-c^2\, \partial d\rho/\partial x=-c^2\, \partial/\partial x[\rho_0(-\partial S/\partial x)]=c^2\rho_o\, \partial^2S/\partial x^2$$
$$\partial^2S/\partial t^2 = c^2\, \partial^2S/\partial x^2\ ,\ c^2= \partial P/\partial\rho,\ \text{при } \rho=\rho_0$$

Зависимость от температуры:

$$P=\rho RT/\mu \qquad P=\text{const}\ \rho^{\gamma} \qquad \gamma=C_p/C_V \qquad dP/d\rho= \gamma\ \text{const}\ \rho^{\gamma-1}= \gamma\ P_0/\rho_0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow C^2=\gamma\ P_0/\rho_0= \gamma\ RT/\mu$$

Пусть плоская акустическая волна возбуждается бесконечной пластинкой, колеблющейся в направлении x по закону ^ *x*0 sin (2 *nt*^*T*).

Тогда волна распространяется также в направлении x, смещение частиц, лежащих в любой плоскости, нормальной к этому направлению, происходит по з-ну: *c* .
Относительное изменение толщины слоя, лежащего между двумя бесконечно близкими пл-тями:

— =0 *ы* cos *to* (*t* — *x*)
d x *c* *c* .

Этому изменению расстояния соответствует такое же относительное изменение обьема, заключенного между двумя пл-тями. Sv =-^ =— *x*0 *ы* cos *ы* (*t*—*x*) *v d x c* *c*

u =4^ = *x* *ы* cos *ы* (*t* — *c*) (5)

Скорость частиц: d *t* *x* .

= *d v* (6)

Из (5) и (6) ⇒ *v* 0
*dv/v*o=-*dp/p*o
*dp/dp=Y p*o*/p*o (7)
Из (8),(9) ^ Ap=*Yp Ap /p =Ypu/c=p cu*, т.к. (1). (10) (8)
Интенсивность. Звуковая волна несет с собой потенциальную энергию - энергию упругой деформации газа и кинетическую энергию движущихся частиц газа. Подсчитает потенциальную энергию, заключенную в элементе обьема SAx. Если относительное сжатие в слое есть n=*dv/v*o, то по

(10) сила, действующая на стенку площади S, есть $S\Delta p=\gamma\eta p$. При изменении относительного сжатия на $d\eta$ стенка перемещается на $\Delta x \cdot d\eta$ и при этом совершается работа $dA=S \cdot \Delta x \cdot \gamma p \cdot \eta \cdot d\eta$.

$$\int_{u=S\Delta x\gamma p}^{\eta} ndn=SAxYp2$$

Плотность энергии упругой деформации $\omega_U=\gamma p\eta^2/2$ *(14)*

Кинетическая энергия этого же обьема $T=\rho\ S\Delta xu^2/2$ и плотность кинетической энергии $\omega_T=\rho u^2/2$. Из (7) видно, что $\omega_U=\omega_T$. Тогда плотность всей энергии звуковой волны $\omega=\gamma p \cdot \eta^2$. Т.к. η меняется как cos, то η^2 меняется как $\cos^2$, значит $\eta^2_{cp}=\eta_0^2/2$, $\omega_{cp}=\gamma\ p\eta_0^2/2$. Т.к. (7) выполняется для всяких мгновенных значений Δз и η, то оно справедливо и для амплитудных значений и $\Rightarrow \omega_{cp}=(\Delta p_0)^2c/2\gamma\ p$, где Δp_0 - амплитуда звукового давления.

Энергия, которая падает за единицу времени на единицу площади, нормальной к направлению распространения звуковой волны, называется **интенсивностью** звуковой волны.

Интенсивность звука $I=\omega_{cp}\ c=(\Delta p_0)^2c/2\gamma\ p==(\Delta p_0)^2/2\rho\ c$ *(т. к. $c^2=\gamma\ p/\rho$)*

Интенсивность звука измеряется в дж/см$^2 \cdot$ с.

Билет 5.

Вопрос 1.

Импульс системы тел. Закон сохранения импульса системы тел и его связь с однородностью пространства. Теорема о движении центра масс. Примеры.

СМТ наз. изолированной если отсутствуют внешние силы.

Назовем **импульсом** или количеством движения материальной точки вектор, равный произведению массы точки на ее скорость: **P**=m · **v**

Импульсом или количеством движения **системы материальных точек** назовем векторную сумму импульсов отдельных материальных точек, из которых эта система состоит:

Закон сохранения импульса. Импульс изолированной или замкнутой системы 2-х материальных точек сохраняется, т. е. остаёться неизменным во времени, каково бы ни было взаимодействие между нимим. Это утверждение справедливо также и для изолированной с. м. т., состоящей из сколь угодно большого числа м. т.

Запишем третий закон Ньютона для замкнутой системы, состоящей из произвольного числа материальных точек.

$F_1^{(i)}+F_2^{(i)}+\ldots+Fn^{(i)}=0,$ (1)

где $Fn^{(i)}$ – полная внутренняя сила., действующая на n-ную точку. Обозначим далее символами $F_1^{(e)},F_2^{(e)},\ldots$ внешние силы , действующие на материальные точки системы. Тогда на основании второго закона Ньютона можно записать

$$\frac{d\,p_i}{dt} = F_1^{(i)} + \mathbf{p}^{(e)}_1$$

$$\frac{d\,P_2}{dt} = F_2^{(i)} + F_2^{(e)}$$

Сложив почленно эти уравнения и приняв во внимание соотношение (1) найдем

$$It\,(p_1+p_2+\wedge+P_n) = F\,[^e)+^F\,2^e)+\ldots+F_{ne})$$

$$\frac{dp}{dt} = F_e,$$ (2)

где p- импульс всей системы,$F^{(e)}$-равнодействующая всех внешних сил, действующая на нее. Пусть теперь геометрическая сумма всех внешних сил равна нулю (Например замкнутая система). Тогда (dp/dt)=0, или p=const.

Закон сохранения импульса является отражением фундаментального св-ва пространства - его однородности.

Теорема о движении центра масс. Ц. м. движется так, как двигалась бы материальная точка с массой m под действием таких же по величине и напр. сил. На ускорение ц. м. влияют только внешние силы.

Теорема о движении центра масс. В нерелятивистской механики импульс системы p может быть выражен через скорость ее центра масс. Центром масс или центром инерции системы называется такая воображаемая точка, радиус-вектор R которой выражается через радиусы-векторы $r_1,r_2,\ldots$ материальных точек по формуле

$R=(m_1r_1+m_2r_2+\ldots)/m$, где $m=m_1+m_2+\ldots$.Если продифф. Выражение по времени и умножить на m то $mR = m_1 r_1+m_2 r_2+.,$

получится: $mV = m_1 v_1^{+}m_2 v_2^{+''} m$, $V=R$ -скорость центра масс системы. Таким образом, p=mV.

$$\frac{d}{t} = F^{(e)}$$

Подставив это в (2): Центр масс системы движется как материальная точка, масса которой равна суммарной массе всей системы, а действующая сила - геометрической сумме всех внешних сил, действующих на систему. В релятивистском случае потятие ц. м. не является инвариантным понятием, не зависящем от выбора системы координат, и поэтому не применяется. Для материальной точки з. с. импульса означает, что в отсутствии внешних сил она движется с постоянной скоростью по прямой линии. Для СМТ в нерелятивистском случае закон утверждает, что ц. м. движется равномерно и прямолинейно.

Под однородностью пространства понимается эквивалентность всех точек пространства друг другу. Это означает, что если имеется некоторая изолированная система, то развитие в ней не зависит от того, в точках какой области пространства эта система локализована. Если все точки системы сместить на Δr, то в состоянии системы ничего не изменится, т. е. работа внутренних сил системы =0. Δr

$$E\,S_{F_{\ddot{}}}.0\text{-}v\,.r\;EZ = 1\;\;0$$

Ввиду независимости взаимодействий каждой из пар точек друг с другом ⇒ $F_{ij}+F_{ji}=0.$ ⇒ закон созранения импульса изолированной системы

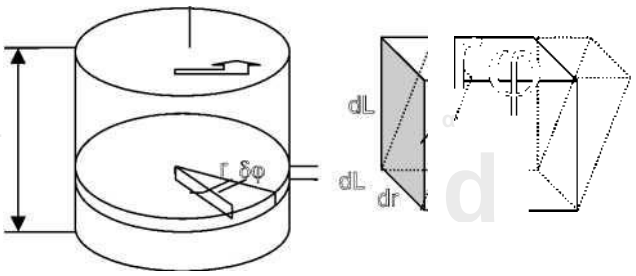
материальных точек обусловлен фундаментальным свойством пространства в ИСО — его однородности. Отсюда можно заключить, что с однородностью пространства связан и принцип

относительности.

Вопрос 2.

Кручение валов. Модуль кручения. Принцип действия крутильных весов. Опыты с крутильными весами.

Кручение валов. Деформации сдвига возникают при скручивании валов машин и механизмов. когда посредством вала передаётся вращательное усилие от обной части механизма к другой. На рисунке изображены деформируемый вал и деформация сдвига элементарного объема. Угол α зависит от удаления этого объема от оси вала. Касательные напряжения στ, ответственные за эти деформации, создают в сечени момент упругих сил, равный



$$J\ rO_T dS\ _ J\ rGY 2nrdr$$

Здесь учтено, что площадь элементарного кольца радиуса r и шириной dr равна dS=2πrdr, а στ(r)=γ(r)G.

Из условия равновесия части вала, находящейся, например, выше от рассматриваемого сечения, следует, что $M_{упр}$=M, и $M_{упр}$ не зависит от выбора сечения вала.

Зависимость γ(r) должна быть линейной функцией от расстояния r , т.е. γ(r)=k·r, где к можно определить из предыдущих уравнений.

$$M=2\ nGk\ J \qquad \frac{\pi GK}{2}$$

$M_{упр}$ $r^3 dr$

Сдвиговые деформации

$$Y\ (r)_ \frac{2M}{nGR4^r}\text{-} \qquad (1)$$

Они пропорциональны моменту внешних сил и обратно пропорциональны четвертой степени радиуса R. Из последнего соотношения легко подсчитать угол кручения ϑ, на который повернется верхнее основание стержня относительно нижнего. Из очевидного неравенства

$\ell \cdot \gamma(R)=R \cdot \vartheta$ с учетом (1) находим

$$\vartheta = \frac{ly\ (R)}{R\ B}\ _\ \frac{M}{2\ \ell} \qquad в_\ \frac{nGR4}{}$$

где - модуль кручения, зависящий от размеров вала и модуля сдвига материала, из которого вал изготовлен. Для создания жестких валов необходимо увеличивать диаметр и сокращать длину. Можно взять трубу.

В ряде случаев, наоборот, используют валы, изготовленные в виде тонких нитей, например, нити подвеса крутильных весов, использовавшихся Ш. Кулоном в опытах по исследованию электростатического взаимодействия и П. Н. Лебедевым – в опытах по измерению давления света. В этих опытах тонкие кварцевые нити закручивались на заметные углы при действии ничтожно малых моментов сил, что обеспечивало высокую чувствительность крутильных весов.

Билет 6.

Вопрос 1.

Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.

Движение тел с переменной массой.

Уравнение движения тел с переменной не содержат ничего принципиально нового по сравнению с законами Ньютона, и являются их следствиями. Но они представляют большой интерес в связи с ракетной техникой.

Выведем уравнение движения материальной точки с переменной массой на примере движения ракеты. Пусть m(t)-масса пакеты в произвольный момент времени t, а v(t)-ее скорость в тот же момент. Импульс ракеты в этот момент будет mv. Спустя dt масса и скорость ракеты получат приращение dm и dv(dm-отрицательна). Импульс ракеты станет (m+dm)(v+dv). Сюда надо добавить импульс движения газов, образовавшихся за dt. Он равен $dm_{газ}v_{газ}$ –масса и скорость газа, образовавшихся за dt. Вычитая из суммарного импульса системы в момент t+dt импульс системы в момент t, найдем приращение этой величины за dt. Это приращение равно Fdt, где F – геометрическая сумма всех внешних сил, действующих на ракету.

$(m+dm)(v+dv)+dm_{газ}v_{газ}-mv = Fdt$

Время dt устремим к нулю. Поэтому, раскрывая скобки, отбрасываем dmdv. Далее $dm+dm_{газ}=0$ и $v_{отн}=v_{газ}-v$ есть скорость истечения газов относительно ракеты. Тогда

$mdv = v_{отн}dm + Fdt$, деля на dt

$m(dv/dt) =v_{отн}(dm/dt) + F$ (1)

Член $v_{отн}(dm/dt)$ – реактивная сила . Уравнение (1)-уравнение Мещерского или уравнение движения точки с
переменной массой.

Пусть теперь у нас F=0, тогда $mdv = v_{отн}dm$.

Допустим, что ракета движется прямолинейно в направлении, противоположном скорости $v_{отн}$. Тогда проекция $v_{отн}$ на направление движения будет $–v_{отн}$. Тогда

$dv/dm = -(v_{отн}/m)$

Пусть скорость газовой струи $v_{отн}$ постоянна, тогда

$v= - v_{отн}\int(dm/m) = - v_{отн}\ln(m) + C$

Значение C определяется начальными условиями. Если, в начальный момент времени скорость ракеты =0, а масса = m_0, тогда $0 = - v_{отн}\ln(m_0) + C$, откуда $C = v_{отн}\ln(m_0)$. Следовательно : $v = v_{отн}\ln(m/m_0)$ или

$m_0 m . e_{v / v отн .}$ (2)

Уравнение (2) – формула Циолковского. Она справедлива для нерелятивистских движений (v и $v_{отн}$ << c)

Релятивистская формула имеет вид :

$$\underline{m}\ o\ J\ \underline{1+в}\ f\ /^{2}\ {}^{v}{}_{ОТН}\ m\ (1 - в)$$

, где $\beta = v/c$.

Вопрос 2.

Основы гидро- и аэростатики. Закон Паскаля. Распределение давлений в покоящейся жидкости, находящейся во внешнем силовом поле.

Под действием внешних сил в жидкостях и газах, как и в твердых телах, могут возникать внутренние напряжения. Рассматривая жидкости и газы как сплошные среды, мы отметим, что жидкости, не имея определенной формы, сохраняют практически неизменный объем. Во многих важных случаях их можно рассматривать как несжимаемые. Газы же не имеют ни определенной формы, ни фиксированного объема.

В жидкости при сжатии силы отталкивания между молекулами могут быть весьма значительными. По этой причине говорят не о растягивающих и сдвиговых напряжениях σ_{ij}, а о давлениях $p_{ij} = -\sigma_{ij}$ как об отрицательных напряжениях. Совокупность давлений p_{ij}, действующих на площадки, перпендикулярные осям координат и ограничивающие кубический элемент жидкости, называется тензором давлений.

В покоящейся или медленно движущейся жидкости тангенциальные напряжения p_{ij} $(i \neq j)$, связанные с вязкостью отсутствуют.

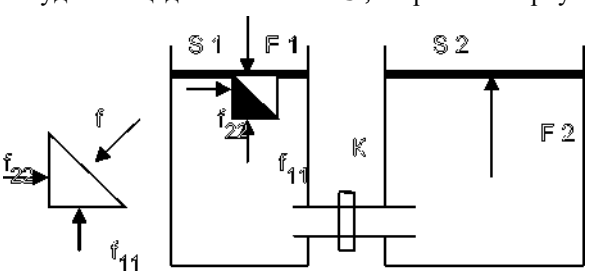
Закон Паскаля.

Если пренебречь силами тяготения, действующими на каждый элементарный объем жидкости, то из условия равновесия этого объема следует, что

$$p_{11} = p_{22} = p_{33} = p \qquad (1)$$

При этом давление p, возникающее вследствие внешнего воздействия, является скалярной величиной и одинаково во всех точках объема, занятого покоящейся жидкостью. Условие (1) автоматически обеспечивает не только равенство нулю суммы сил давления, приложенных к данному объему, но и равенство нулю суммарного момента этих сил.

Для доказательства этого условия рассмотрим неподвижную жидкость, помещенную в цилиндрический сосуд с площадью основания S_1, закрытый сверху поршнем.



Если надавить на поршень силой F_1, то в жидкости будут созданы внутренние напряжения (давления). Рассмотрим условия равновесия элементарного объема жидкости, имеющего форму кубика. На единицу его поверхности будет действовать сжимающая сила $f_{ii} = -p_{ii}n_i$, направленная противоположно нормали n_i к i-ой поверхности. Поскольку силы, действующие на противоположные грани кубика, равны по величине, то $p_{11} = F_1/S_1$. Равенство давлений p_{11} и p_{22} следует из условия равновесия половины кубика, выделенного более темным цветом и изображенного на фрагменте. Действительно, $f_{11} = f_{22} = f/(2)^{0,5}$. Поэтому $p_{22} = p_{11}$. Рассматривая равновесие элементарных объемов в различных точках жидкости, получим условие:

$$p_{ii} = p = F_1/S_1$$

которое является математическим выражением закона Паскаля.

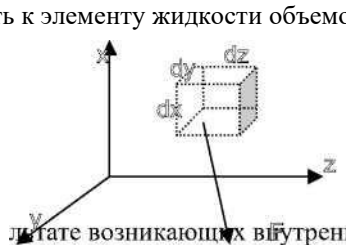
Если рассмотренный сосуд соединить при помощи трубки с другим цилиндрическим сосудом с площадью основания S_2, то при открывании крана К внутренние напряжения в соответствии с законом Паскаля передадутся во второй сосуд. На поршень, закрывающий этот сосуд, жидкость будет давить вверх с силой

$$F_2 = pS_2 = (F_1/S_1)S_2.$$

Жидкость во внешем поле.

Рассмотрим напряжения, возникающие в жидкости, находящейся в поле внешних сил.

Пусть к элементу жидкости объемом dV=dxdydz приложена внешняя сила FdV (F – плотность силы).



Найдем результат возникающих внутренних напряжений на нижнюю грань кубика с координатой x и площадью dydz в положительном направлении оси x действует сила давления p(x,y,z)dydz, а на верхнюю грань – p(x+dx,y,z)dydz. При равновесии кубика выполняется равенство

$$p(x,y,z)dydz - p(x+dx,y,z)dydz + F_x dxdydz = 0$$

Аналогичные равенства записываются по двум другим осям

$$p(x,y,z)dxdz - p(x,y+dy,z)dxdz + F_y dxdydz = 0$$

$$p(x,y,z)dxdy - p(x,y,z+dz)dxdy + F_z dxdydz = 0$$

Разделив левые и правые части равенств на элементарный объем получаем условие равновесия в виде дифф. уравнений : $-dp/dx + F_x = 0$; $-dp/dy + F_y = 0$; $-dp/dz + F_z = 0$

Отсюда следует, что давление не остается постоянным и изменяется в трех направлениях, по которым действует внешняя сила. Если ввести вектор градиента давления

$\text{grad}\, p = \nabla p = dp/dx\, e_x + dp/dy\, e_y + dp/dz\, e_z$, где e_x, e_y, e_z – единичные вектора вдоль осей координат : $-\text{grad}\, p + F = 0$.

Примером служит жидкость в поле тяжести земли. Рассказать про сообщающиеся сосуды.

Билет 7.

Вопрос 1.

Работа силы. Консервативные и диссипативные силы. Кинетическая энергия материальной точки и системы материальных точек. Изменение кинетической энергии при совершении работы.

Работой силы F на перемещении ds называется проэкция Fs на направление перемещения, умноженная на само перемещение: dA = Fds = F*ds*cosx , где x – угол между векторами F и ds. Величина dA называется элементарной работой.
Когда материальная точка, двигаясь по криволинейной траектории, проходит путь конечной длины, можно мысленно разбить этот путь на бесконечно малые элементы, на каждом из которых сила F

постоянна. Интеграл ⌐ дает работу силы F вдоль кривой L.
Если F = F1 + F2 , то Fs = F1s + F2s и Fsds = F1sds + F2sds , т.е. dA=dA1 + dA2 и A=A1 + A2.

F = dp/dt , ds = vdt. $A = \int (vdp)$

По определению импульса p = mv, поэтому vdp = mvdv. dv – элементарное приращение вектора v. Если мы условимся пониать под u длину вектора v, то очевидно v*v = u*u. Дифференцируя получим : udu = vdv

$$A_2 = m\,udu = \frac{mu_2^2}{2} - \frac{mu_1^2}{2}$$

где u1 – начальная, au2 – конечная скорсти точки. Величина $k = \frac{mu^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$ называется кинетической энергией материальной точки, A12 = K2 – K1.
Кинетической энергией системы называется сумма кинетических энергий материальных точек, из которых эта система состоит, Под A12 надо пониматьсумму работ всех сил (как внутреених, так и внешних) действующих на материальные точки системы. Таким образом, работа всех сил, действующих на систему материальных точек, равна приращению кинетической энергии этой системы.
Консервативными наз. силы, зависящие только от конфигурации системы, и работа которых по любому замкнутому контуру равна 0. Все силы, не являющиеся консервативными, называются **неконсервативными**. К ним относятся прежде всего **диссипативные** силы. *Диссипативными* называются такие силы, полная работа которых при любых движениях в замкнутой системе всегда отрицательна. Примером может служить сила трения или силы сопротивления в жидких и газообразных средах. Все эти силы зависят не только от конфигурации тел, но и от их относительных скоростей, кроме того они направлены против движения тела.

Вопрос 2.

Распределение температуры и давления атмосферного воздуха с высотой. Барометрическая формула.

По мере увеличения высоты давление и плотность монотонно убывают, а температура монотонно убывает лишь в нижнем десятикилометровом слое, а в более высоких слоях меняется немонотонно. Параметры атмосферы зависят как от географического положения места, так и от времени года. Сложная высотная зависимость температуры атмосферы есть результат совместного проявления процессов тепломассопереноса, инициируемых излучением Солнца.

Атмосфера делится на отдельные участки. Нижний слой атмосферы,называемый тропосферой,содержит 80% массы атмосферы, почти весь водяной пар и облака и характеризуется сильным вертикальным перемешиванием. Сверху тропосфера ограничена тропопаузой, где температура меняется очень мало. Выше расположена стратосфера,где температура повышается, и заканчивает повышаться в стратопаузе. Выше находится мезосфера, где температура опять падает. Выше находится термосфера, в которой температура опять растет до 600-2000 К. Для вычисления

изменения атмосферного давления с высотой воспользуемся условием равновесия $\frac{1\,dp}{-pd^{*}-g}$

$$\frac{RT}{=p}$$

Связь между давлением и плотностью задается уравнением состояния идеального газа μ влияние т. к. влажности на плотность воздуха сущ. лишь в тропиках на поверхности и ошибка <2%.

Получаем ур-ие $1\,\underline{dp}\ _g$ $p\ ^{d}x$ RT (*).

Которое можно проинтегрировать, если известно Т(х).
В качестве грубого приближения можно использовать среднее значение температуры 250 К.

Интегрируя получим барометрическую ф-лу: $P_\ P\ o\ e^{\frac{\mu gx}{RT}}_\ P\ o\ e$

По этому же закону изменяется и плотность воздуха: $P_\ P\ o\ e^{\frac{\mu\ gx}{RT}}_\ P\ o\ e$

Приведенная высота (высота на которой давление падает в е раз): $H._\frac{RT}{0\ \mu g}_ 7{,}4\ км$

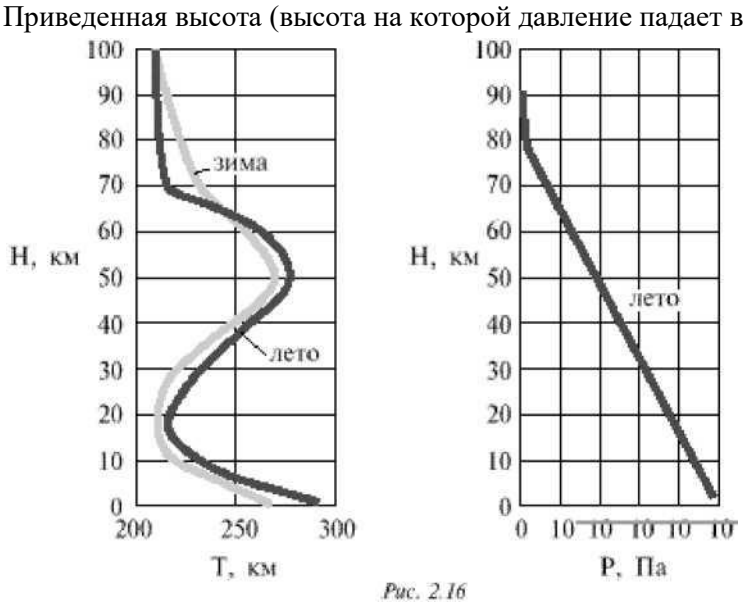


Рис. 2.16

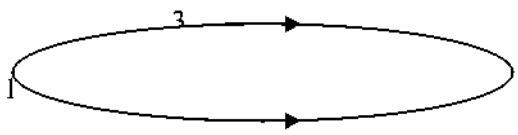
Билет 8.

Вопрос 1.

Работа консервативных сил. Потенциальная энергия. Закон сохранения мех. энергии системы тел и его связь с однородностью времени.

Все силы (в макроскопической механике) принято разделять на консервативные и неконсервативные.Если силы взаимодействия зависят только от конфигурации материальных точек системы (от их координат) и работа этих сил при перемещении системы из произвольного начального положения в произвольное конечное положение не зависит от пути перехода, а определяется только начальной и конечной конфигурацией системы, то такие силы называются консервативными.

Пусть система из положения 1 першла в положение2 по пути 132. При этом будет совершена работа A132. Если бы система перешла в положение 2 по пути 142, то совершенная работа была бы равна A142, По определению консервативных сил A132 = A142 . Так как силы завмсят только от конфигурации системы, то A142 =-A241. Таким образом, A132 + A241 = 0. Но сумма A132 + A241 есть работа, совершенная силами, когда система вернулась в исходное полжение 1.В этом случае говорят о работе по “замкнутому пути”. Работа консервативных сил по замкнутому пути равна нулю. Примерами консервативных сил могут служить сила тяжести и все центральные силы.



Какое-либо произвольное положние системы условно примем за нулевое.Работа, совершаемая конс. Силами при переходе системы из рассматриваемого положения в нулевое, называется потенциальной энергиейсистемы в первом положении.Потенциальная энергия при фиксированном нулевом положении зависит только от координат материальных точек системы. Иными словами, потенциальная энергия системы U является функцией только ее координат.

Потенциальная энергия системы определена с точностью до константы. Пусть система першла из положения 1 в положение 2 по пути 12. Работу A12 можно выразить через потенциальные энергии U1 и U2. Пусть переход совершен через нулевое положение 0, по пути 102.

A12 = A102 = A10 + A02 = A10 + A20. По определению U1 = A10 + C б U2 = A20 + C

Таким образом A12 = U1 – U2, т.е. работа конс. Сил равна убыли потенциальной энергии.

Та же работа может быть выражена через приращение кинетической энергии:

A12 = K2 – K1 . Приравнивая получим:K1 + U1 = K2 + U2

Сумма кин. И пот энергий называется полной энергией E. E1 = E2, или E = K + U = const

В системе с одними только конс. силами полная энергия остается неизменной. Могут происходить только превращения энергий, но полный запас измениться не может (закон сохр. энергии).

Вопрос 2.

Закон Архимеда. Условия устойчивого плавания тел на поверхности и внутри жидкости. Воздухоплавание.

На тела, погруженные в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх. Эта сила является результатом действия сил давления. Выталкивающая сила F_A, называемая силой Архимеда,может быть подсчитана при учете распределения давления по глубине и оказывается равной весу вытесненной жидкости. Извлечём из сосуда с жидкостью тело, затем дольём туда жидкости (той же). Мыделим мыслено границы тела в жидкости и поймём, что сумма действ. сил на жидкость внутри условных границ =0 ⇒ Архимедова сила равна весу вытесненной жидкости. Центр масс погруженного тела может не совпадать с центром объема. Это несовпадение имеет большое значение для устойчивого плавания тел, погруженных в жидкость (в кораблестроении используется термин остойчивость).

Для тел, плавающих на поверхности жидкости, центр их тяжести всегда будет расположен выше центра объема, погруженного в жидкость, и остойчивость плавания достигается выбором подобающей формы корабля и его загрузки. В судостроении форму судна с учетом его загрузки рассчитывают таким образом, чтобы метацентр находился выше центра масс судна . Этот метацентр является центром кривизны кривой , проходящий через центры объемов погруженных частей корпуса корабля.,сменяющих друг друга при его боковой качке.

Воздухоплавание. Аэростаты – летательные аппараты легче воздуха. Они поддерживаются в воздухе блгодаря подъемной силе заключенного в оболочке аэростата газа с плотностью, меньшей плотности воздуха (водород, гелий, светильный газ). Аэростаты, предназначенные для полетов в стратосферу, называются стратостатами. Аэростаты делятся на управляемые, или дирижабли, снабженные двигателями, и неуправляемые. Неуправляемые аэростаты используются для свободных полетов по ветру (свободные аэростаты). Для подъёма на большие высоты V порядка 100000-800000 м^3. Конструкция аэростата включает оболочку, содержащую легкий газ, гондолу для размещения экипажа и аппаратуры и подвеску, крепящую гондолу к оболочке. Подъемная сила 1 м.куб. водорода у земной поверхности равна приблизительно 1,15 кГ, а гелия – 1 кГ. Избыток подъемной силы уравновешивают балластом. Оболочка заполняется лишь частично, и это позволяет защитить ее от перенапряжения. При подъеме по мере уменьшения давления атмосферы легкий газ в оболочке расширяется, однако подъемная сила остается постоянной.Для спуска открывается газовый клапан в верхней части оболочки. Подъемная сила падает, и аэростат опускается. Поскольку давление атмосферы начинает расти, то оболчка снова теряет форму шара. При приземлении масса легкого газа всегда меньше его начальной массы. Чтобы предотвратить удар гондолы о землю из-за падения подъемной силы, необходимо перед посадкой уменьшить массу аэростата. Это достигается

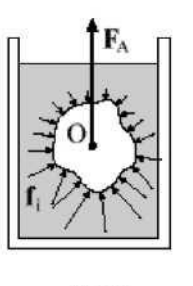


Рис. 2.8

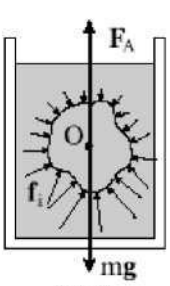


Рис. 2.9

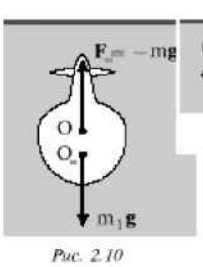


Рис. 2.10

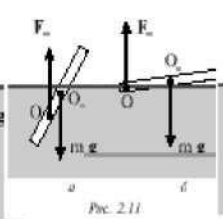


Рис. 2.11

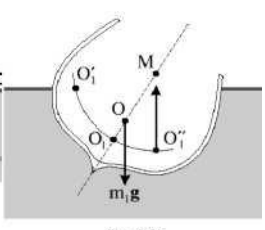


Рис. 2.12

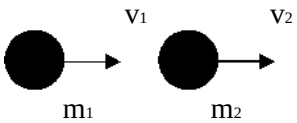
сбрасыванием остающегося балласта.

Билет 9.

Вопрос 1.

Соударение тел. Абсолютно упругий и неупругий удары. Применение законом сохранения для описания столкновения тел.

Абсолютно неупругим ударом, называется столкновение двух тел, в результате которого они соединяются вместе и движутся дальше как одно тело.
Сталкивающиеся тела деформируются, возникают упругие силы и т.д. Однако если удар неупругий то, в конце концов все эти процессы прекращаются, и в дальнейшем оба тела, соединившись вместе, движутся как единое твёрдое тело.



Рассмотрим **абс. неупругий удар** на примере столкновения двух шаров. Пусть они движутся вдоль прямой, соединяющей их центры, со скоростями v_1 и v_2. В этом случае говорят что удар является *центральным.* Обозначим за **V** общую скорость шаров после соударения. Закон сохр. Импульса даёт: $m_1v_1+m_2v_2=(m_1+m_2)\mathbf{V} \Rightarrow \mathbf{V}=(m_1v_1+m_2v_2)/(m_1+m_2)$
Кин. энергии системы до удара и после: $K_1=1/2(m_1v_1^2+m_2v_2^2)$ $K_2=1/2(m_1+m_2)\mathbf{V}$
Пользуясь этими выраж. получаем: $K_1-K_2=1/2\mu(v_1-v_2)(v_1-v_2)$
где ц =m_1m_2/(m_1+m^— приведенная масса шаров. Таким образом, *при столкновении двух абсолютно неупругих шаров происходит потеря кин. энергии макроскопического движения, равная половине произведения приведённой массы на квадрат относительной скорости.*
Абсолютно упругим ударом называется столкновение тел, в результате которого их внутренние энергии не меняются. Пример: Столкновение бильярдных шаров из слоновой кости, при столкновениях атомных, ядерных частиц. Рассмотрим центральный удар двух шаров, движущ-ся навстречу друг другу:
$(m_1v_1^2)/2+(m_2v_2^2)/2=(m_1u_1^2)/2+(m_2u_2^2)/2$
и:
$m_1v_1+m_2v_2=m_1u_1+m_2u_2$

$u1=[(m_1-m_2)v_1+2m_2v_2]/(m_1+m_2)$ $u2=[(m_2-m_1)v_2+2m_1v_1]/(m_1+m_2)$
При столкновении двух обинаковых абсолютно упругих шаров они просто обнениваются скоростями.

Вопрос 2.

Стационарное движение жидкости. Линии и трубки тока. Распределение давлений и скоростей в жидкости, текущей по трубе переменного сечения. Уравнение Бернулли.

Рассмотрим стационарное течение жидкости в каком-либо консервативном силовом поле, например, в поле силе тяжести. Применим к этому течению закон сохранения энергии. При этом полностью пренебрегаем теплообменом между жидкостью и средой. Выделим в жидкости бесконечно узкую трубку тока и рассмотрим часть жидкости, занимающую объём MNDC. Пусть эта часть переместилась в бесконечно близкое положение $M_1N_1D_1C_1$. Вычислим работу A, совершаемую при этом силами давления. Давление, действующее на боковую поверхность трубки тока, перпендикулярно к перемещению и работы не совершает. При перемещении границы MN в положение M_1N_1 совершается работа $A_1=P_1S_1L_1$, где $L_1=MM_1$- величина перемещения. Введя объём $\Delta1V=S_1L_1$,ее можно представить в виде $A_1=P_1\Delta V_1$ или $A_1=P(\Delta1m/\rho1)$, где $\Delta1m$- масса жидкости в объеме MNN_1M_1. При перемещении границы CD в положение границы C_1D_1 жидкость совершает работу против давления P_2. Для нее, рассуждая аналогично, найдём $A_2=P_2(\Delta2m)/\rho2$, где $\Delta2m$- масса жидкости в объеме CDD_1C_1. Но если движение стационарно, то масса жидкости в объеме M_1N_1DC не изменится, следовательно $\Delta1m=\Delta2m=\Delta m$, получим $A=A_1-A_2=(P_1/\rho1 - P_2/\rho2)\ \Delta m$. Эта работа = приращению ΔE полной энергии выделенной части жидкости. Ввиду стационарности течения энергия жидкости в объеме M_1N_1DC не изменилась. Поэтому величина ΔE= разности энергий массы жидкости Δm, в положениях CDD_1C_1 и MNN_1M_1. Находим $\Delta E=(\varepsilon2-\varepsilon1)\Delta m$, где ε - полная энергия, приходящаяся на единицу массы жидкости. Приравняв AE к A и сократив на Am получим: S1+P_1/ =£2 +P_2/P2. Отсюда следует, что вдоль одной и той же линии тока при стационарном течении идеальной жидкости величина ε+P/ρ остаётся постоянной: *ε+P/ρ=B=const-это отношение называется уравнением Бернулли.* Оно справедливо и для сжимаемых жидкостей. Требуется только, чтобы жидкость была идеальной, а течение- стационарным. *Линия, касательная которой указывает направление скорости частицы жидкости, проходящей в рассматриваемый момент времени через точку касания, называется линией тока*. Если поле скоростей, а следовательно, соответствующие ему линии тока не меняются с течением времени, то движ. жидкости называется *стационарным* или *установившемся*.
Возьмем произвольный замкнутый контур C и через каждую точку его в один и тот же момент времени

проведём линии тока. Они расположатся на некоторой трубчатой поверхности, *называемой* **трубкой тока.** Так как скорости частиц жидкости направлены по касательным к линиям тока, то при течении жидкость не может пересекать боковую поверхность трубки тока. Масса жидкости, протекающая за время dt через попер. сечение трубки будет: dm=pvSdt. Если взять 2_A сечения $S_i=S_2$, то: $P_IV_iS_I=P_2V_2S_2$, если жидкость не сжимаема, то pi=p2 получится: $(V_I/V_2)=(S_2/S_I)$. Скорость жидкости в одной и той же трубке тока тем больше, чем уже поперечное сечение трубки.

Билет 10.

Вопрос 1.

Неинерциальные системы отсчёта (НИСО). Описание движения материальной точки в НИСО. Силы инерции: переносная, центробежная и кориолисова.

Неинерциальные системы отсчёта (НИСО). НИСО называется система, движищаяся ускоренно относительно инерциальной. СО связана с телом отсчёта, которое, по определению, принимается за абсолютно твёрдое. Опр 2: в СО, в которых имеются силы тяготения и в к-х не выполняется 1-ый з-н Ньютона, наз. НИСО.

Описание движения мат. точки в НИСО. Чтобы описать движение в некоторой СО, необходимо разъяснить содержание высказывания о том, что такие-то события произошли в таких-то точках в такие-то моменты времени. Для этого надо, чтобы в СО ∃ единое время, но в НИСО единого времени в указаном §7 учебника Матвеева смысле не существует. Понятие длительности процессов, начинающихся в одной точке, а заканчивающихся в другой, теряет смысл, посколку скорость хода часов в различных точках различна. Также трудно определить понятие длинны движущегося тела, если не ясно, что такое одновременность в в различных точках. Эти трудности можно частично обойти, если принять во внимание, что интервал собственного времении не зависит от ускорения. Поэтому анализа пространственно-временных соотношений в некоторой бесконечно малой области НИСО можно восползоваться пространтсвенно-временными соотношениями ИСО, которая движэется с той же скоростью, но без ускорения, как и соответствующая бесконечно малая область НИСО. Такая ИСО наз. сопровождающей. Раассмотрим движения с малыми скоростями, когда все эти трудности не возникают и можно использовать преобразования Галлилея, считая, что пространственно-временные соотношения с НИСО таковы же, как если бы она была ИСО.

Силы инерции: переносная и кориолисова. В НИСО ∃ ускорения, которые не связаны с силами такого же характера, какие известны в ИСО. В НИСО, так же как и в инерциальных, ускорения высываются силами, но наряду с «обычными» силами взаимодействия ∃ ещё и силы особой природы, называеммые силами инерции. 2-ой з-н Ньютона формулируется без изменения, но наряду с силами взаимодействия необходимо учесть силы инерции. Силы инерции берутся такими, чтобы обеспечить в НИСО те условия, которые фактически имеются. 2-ой з-н Ньютона в НИСО: $ma'=F+F_{ин}$., где a’ – ускорение в НИСО, F – «обычные силы», $F_{ин}$ – силы инерции. Переносная сила инерции направлена противоположно переносному ускорению НИСО и равна $F_{ин}= – ma_0$. Рассмотрим силы инерции во вращающейся СК:
$F_{ин}=m(a'–a)=m(–a_0–a_K)=m\omega^2R–2m[\omega\ v']=F_{цб}+F_K$. $F_{цб}= m\omega^2R$ – центробежная сила инерции. $F_K=–2m[\omega\ v']$ – сила инерции связанная с кориолисовым ускорением называется силой Кориолиса. Она перпендикулярна плоскости, в которой лежат векторы угловой и онтосительной скоростей. Если эти векторы колинеарны, то Кориолисово ускорение рауно 0.

Вопрос 2.

Движение вязкой жидкости. Силы вязкого трения. Коэффициэнт вязкости. Течение вязкой жидкости по трубе. Формула Пуазейля.

Силы вязкого трения. Ньютон установил опытным путем, что при скольжении друг относительно друга двух параллельных плоскостей, пространство между которыми заполнено жидкостью, силы вязкого трения препятствуют этому скольжению (рис. 4.1). Эта сила пропорциональна площади S и изменению скорости на единицу длины в поперечном направлении h/v (градиенту скорости в направлении, перпендикулярном движению) и зависит также от **вязкости жидкости** μ:. F=μSv/h. h^2<<S. Важно отметить, что частицы жидкости, прилегающие к верхней пластине, движутся вместе с нею со скоростью v (увлекаются пластиной). Напротив, частицы жидкости вблизи нижней (неподвижной) пластины находятся в покое (прилипают к пластине). Представим, что жидкость между пластинами состоит из плоских параллельных слоев, движущихся равномерно (рис. 4.2). Нетрудно понять, что каждый вышележащий слой увлекает за собой нижний соседний слой с силой F. В свою очередь, этот нижний слой тормозит движение верхнего слоя с той же силой. На каждый слой действуют сверху и снизу две равные, но противоположно направленные силы. Скорость слоев возрастает от нижнего слоя к верхнему линейно (рис. 4.2), а силы трения, действующие на каждый из слоев, одинаковы. Как результат, усилие приложенное к верхней пластине, передается на нижнюю пластину.

Течение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса.

Для анализа течения вязкой жидкости в правую часть уравнения движения ρ(dv/dt)=F–drad p необходимо добавить силу вязкого трения, приложенную к единице объема жидкости. Для простоты ограничимся рассмотрением течения жидкости в направлении оси x, при это единственная компонента скорости vx будет зависеть от поперечной координаты y (рис. 4.3). На верхнюю грань dxdz кубика dxdydz (ось z перпендикулярна плоскости чертежа) в соответствии с F=(μSv/h) в направлении оси x

$F = d\,d\,d'$ | действует увлекающая сила: $^{x}{}^{d}y$,

$F_{T,} = -Pdxdz\frac{dv_x}{d_y}$ ~ℰ\ᵧ а на нижнюю грань тормозящая:

Равнодействующая сил вязкого трения, приложенная к выделенному кубику

$f_{\tau x}\,dxdydz^{\mu}\frac{F_{\tau}}{dy^2}\frac{d^2v_x}{}$. В

равна Fτ=F’τₓ+F”τₓ, а сила, приложенная к единичному объему,

^.,^.Vx^+V/^]=i;_.& .-;■; A* ' ri; dz J rix

■"'v ■Av № flv] йр

dt dx ‘ dy dz } dz

общем случае сила вязкого трения, вообще говоря, имеет три компоненты: fτ={fτₓ, fτᵧ, fτz}, где fτₓ=μΔv

f_{Iy}=gAvᵧ, fT_z=^Avz, где A= $\frac{\partial}{x}$ $\frac{\partial}{y}$ ^{d}z — оператор Лапласа, для сокращения записи. Если теперь

+Ji+Ji

компоненты силы трения подставить в правые части уравнений:

для соответствующих компонент скоростей, то мы получим систему уравнений гидродинамики вязкой жидкости. Эти три уравнения могут быть записаны в виде одного векторного уравнения Навье-Стокса:

$^{\rho}\frac{\partial}{t}$ ^+vgrad ∂ v=F - gradp+p^v

Течение вязкой жидкости по трубе. Формула Пуазейля. Если мы подсоединим тонкую горизонтальную стеклянную трубу с впаянными в нее вертикальными манометрическими трубками при помощи резинового шланга к водопроводному крану (рис. 4.6). При небольшой скорости течения хорошо видно понижение уровня воды в манометрических трубках в направлении течения (h 1 >h 2 >h 3). Это, в свою очередь, указывает на наличие градиента давления вдоль оси трубки — статическое давление в жидкости уменьшается по потоку. При равномерном прямолинейном течении жидкости силы давления уравновешиваются силами вязкости. Уравнение Навье-Стокса для этого случая запишется в виде:

-grad p+μΔv=0. (4.12)

Распределение скоростей в поперечном сечении потока вязкой жидкости можно наблюдать при ее вытекании из вертикальной трубки через узкое отверстие (рис. 4.7). Если, например, при закрытом кране К налить вначале неподкрашенный глицерин, а затем сверху осторожно добавить подкрашенный,

то в состоянии равновесия граница раздела Г будет горизонтальной. Если кран К открыть, то граница примет форму, похожую на параболоид вращения. Приравняем нулю сумму сил вязкости и давления, действующих на цилиндрический объем жидкости радиуса r и длиной dx (рис. 4.8):

$$(p(x) - p(x+dx))\pi r^2 + \mu 2\pi r dx(dv/dr) = 0 \qquad (4.13)$$

Отметим, что равнодействующая сил давления направлена по потоку (вдоль оси x), а сила вязкого трения, приложенная к боковой поверхности выделенного цилиндра — против потока, поскольку dv/dr<0. Произведя сокращение и разделив (4.13) на dx, получаем:

$$-(dp/dx) + 2\mu dv/(rdr) = 0 \qquad (4.14)$$

Величина градиента давления dx/dp в (4.14) не зависит от радиуса r, т.к. давление p=p(x) и в поперечном сечении x=const не меняется. Это позволяет проинтегрировать (4.14):

$$dp\, f\, rdr = 2\, p\, \text{f}\, dv \wedge v\,(r) = \frac{}{} dp\,(R_2 - r^2)$$

$$dx\ \{\ \text{i} \qquad\qquad 4 \wedge dx \qquad (4.15)$$

Поток вектора скорости через поперечное сечение трубы, или объем жидкости, протекающей через сечение в единицу времени (на практике употребляют термин «расход жидкости») оказывается равным:

$$N_v = \text{J}^* \ vdS = f\, v(r) 2\pi r dr = \text{—} p$$

$$Vi\ 0 \qquad\qquad 8\, P\ (\ dx\ \text{I}.$$

Для практических целей расход жидкости определяют по формуле Пуазейля:

$$N = nR4\ \underline{P_1 - P_2}$$

$$v\ 8\mu\, l$$

Здесь расход воды N_v пропорционален разности давлений $p_1 - p_2$ на концах трубы длиной l.

Билет 11.

Вопрос 1.

Пространство и время в СТО. Понятия события и интервала. Классификация интервалов.

Два события происходят в различных точках СК одновременно, если они происходят в один и тот же момент времени по часам этой СК. В каждой из точек момент события фиксируется по часам, находящемся в соответствующей точке. Будем считать, что события произошли одновременно в неподвижной СК в момент t_0 в точках x_1 и x_2.

■ *x* 1-«*O* , *1* *x*2-«*O* ' *t*0-
(*v*/*c*²) *x* r^=;_{*x* =^=^
*t*i=^=^^ o? 2 o? o?

Вопрос 2.

Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Число Рейнольдса.

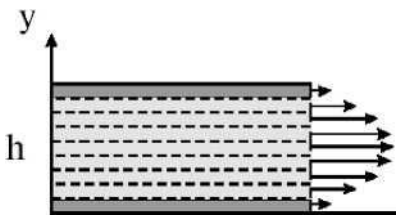


Рис. 4.4

$$f_{\tau_x} = \mu \frac{d^2 v_x}{dy^2} \sim \mu \frac{v}{h^2} \qquad (4.6)$$

Число Рейнолдса также определяет относительную роль инерции и вязкости: при больших числах Рейнольдса более важна роль инерции, при малых – вязкости.Силы вязкости, у возникающие в потоке, обратно пропорциональны квадрату характерного поперечного размера потока и пропорциональны скорости. Давления p_1 и p_2 по разные стороны изогнутой трубки тока будут разные. Возникающий градиент давления связан с ускореним частиц жидкости уравнением: $\rho(dv/dt) \cong -\text{grad } p$

Для частицы: $\mathbf{F}_и - \text{grad } p + \mu \Delta \mathbf{v} = 0 \Rightarrow$ силы вязкости значительно меньше сил инерции. В общем слкчае силы инерции обратно пропорциональны поперечному размеру потока и пропорциональны квадрату скорости. $Re = \rho v h / \mu$ – число Рейнольдса, характеризующее отношение сил инерции к силам вязкости. $Re > 1 \Rightarrow$ жидкость можно рассмартивать как невязкую.

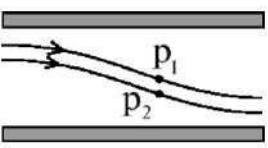


Рис. 4.5

Ламинарным называется такое течение жидкости, когда её частицы двигаются вдоль траекторий параллельных стенам трубы. Особенностью ламинарного течения является его *регулярность.* Ламинарное течение может изменится только вследствии посторонних воздействий. При больших скоростях ламинарное течение становится неустойчивым и переходит в турбулентное. **Турбулентное** – это течение, гидродинамические характеристики, которого изменяются быстро и нерегулярно – флуктируют. При ламинарном течении силы вязкости сглаживают боковые движения жидкости, возникающие вследствие флуктуаций и неровностей стенок трубы. При недостаточной вязкости случайные боковые движения жидкости усиливаются, способствуя тем самым возникновению турбулентности. Переход от ламинарного течения к турбулентному

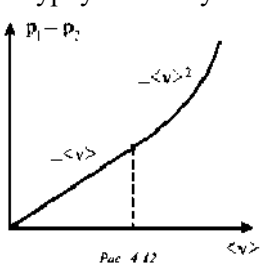


Рис. 4.12

происходит при некотором числе Рейнольдса, получившем название критического: $(Re)_{кр} = (\rho v R / \mu)_{кр}$. Значение $(Re)_{кр}$ сильно зависит от формы входной части трубы. При установившемся турбулентном течении скорость в данной точке случайным образом меняется современем, однако средняя скорость v направлена вдоль оси трубы. Она остается постоянной по сечению трубы, и только в очень тонком пограничном слое спадает до нуля у ее стенок. Для турбулентного течения жидкости по трубе $p_1 - p_2 = k\rho\langle v^2\rangle l/R$, где к – безразмерный гидравлический коэффициент. Для ламинарного течения: $p_1 - p_2 = 8\mu\langle v\rangle l/R^2$. Повышение скорости прокачки жидкости по трубам при турбулентном течении потребует значительно большнго увеличения перепада давлений, чем при ламинарном. Формулы можнообъединить в одну, если принять, что безразмерный гидравлический коэффициент в зависит от числа Рейнольдса: $k = k_0 + (8/Re)$. Тогда при $Re > Re_{кр}$ коэффициент $k \cong k_0$, и течение турбулентное. Напротив, при $Re < 1$ $k \approx 8/Re$, и первая формула переходит в0 2-ую. На рис. (4.12) изображен график зависимости перепада давления в трубах от скорости течения. При свободном ламинарном течении жидкости (в отсутствие направляющих поверхностей) развиваются неустойчивости, и ламинарное течение переходит в турбулентное. На рис. 4.13. представлено изображение струи жидкости (число Рейнольдса Re = 250).



Рис. 4.13

Билет 12.

Вопрос 1

Преобразования Лоренца. Инвариантность интервала при этих преобразованиях. Собственное время. Собственная длинна.

Преобразования Лоренца обоснованы на принципе относительности (Утверждение впервые высказанное Г. Галилеем, о том, что во всех инерциальных системах координат механические явления протекают одиноково, называется принципом относительности Галилея. В дальнейшем в результате изучений других явлений, в частности электромагнитных, справедливость этих полоений была признана для любых явлений. В таком общем виде оно называется принципом отнгсительности СТО или просто принципом относиельности) и принципа постоянства скорости света (независимость скорости света от скорости источника и скорости наблюдателя. Это постулат).

Однородность пространства: начало системы координат может быть помещено в любой точке и все геометрические соотношения между любыми геометрическими обьектами при этом совершенно одинаковы с теми, которые получаются при помещении начала координат в любую другую точку.

Изотропность пространтва: в каждой точке пространства можно ориентировать оси СК произвольным образом. При этом соотношения между геометрическими обьектами не имменются.

Однородность и изотропность времени является его главными свойствами в ИСО.

Однородность времени: это одиноковость развития и изменения данной физической ситуации независимо от того, в какой момент эта ситуюция сложилась.

Из однородности пространства и времени следует, что преобразования должны быть линейными.

x'=Ф1(x,y,z,t),

y'=Ф(x,y,z,t),

z'=Ф3(x,y,z,t), t'=Ф4(x,y,z,t).

Изходя из изотропности и однородности пространтва, мы можем как угодно поварачивать и смещать оси СК. ориентируем оси так:



Начало координат: Пусть в t=0 x=y=z=0 совпадает с x'=y'=z'=0 , тогда A5=0

y' = a1x + a2y + a3z + a4t;

z' = b1x + b2y + b3z + b4t;

Т.к. оси Y,Y' и Z,Z' параллельны след: y=0 y'=0, z=0 z'=0

0 = a1x + a3z + A4t;

0 = b1x + b2y + b4t; что возможно лиш при a1=a3=a4=0

0=в1=в3=в4 След. y'=ay и z'=az

y=y'/a z=z'/a так как масштаб в С.К. изменятся одинаково, значит a=1/a , значит a=1.

Следовательно y'=y; z=z'.

Преобразования для x и t: Вследствие линейности преобразований:

$$x'=a(x-vt) \;\wedge\; x=a'(x'+vt)$$

Докажем, что a'=a. Пусть некоторый стержей покоится в системе К': $X_2'-X_i'=l$. В системе К он движется $\wedge x_i'=a(x_i-vt_o)$, $X_2'=a(x_2-vt_o) \wedge X_2-X_i=(xi'-X_2')/a=l/a$..

Пусть теперь тот же стержень в системе К и имеет в ней длину l. $\wedge X_2-X_i=l$. В системе К', принятой за неподвижную, этот стержень двигается с v. $\wedge x=a'(x_i'+v_o t')$, $X_2=a'(x_2'+v_o t')$

$\wedge X_2'-X_i'=(x_2-X_i)/a'$. Согласно принципу относительности обе системы равноправны и длинна одного и того же стержня, движущегося в этих системах с одинаковой скоротью, должна быть обнакова $\wedge$ a'=a. Воспользуемся постулатом скорости света: $x'=ct'$, $x=ct$. $\wedge$

$$ct'=a\,t(c-v), \quad ct=a\,t'(c+v) \quad \wedge \quad a=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad \wedge vt'=(x/a)-x'=(x/a)-a(x-vt)=avt+x((1/a)-a) \wedge t'=$$

$x'=\frac{x-vt}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$, $y=y'$, $z=z'$. Обратные реобразования получаются заменой штрухованных элементов на нештрихованные и измененим знака скорости.

Инвариантом преобразований Лоренца явл. **пространтвенно-временной интревал или просто интервал.** Интервалом между точками (x_1, y_1, z_1, t_1) и (x_2, y_2, z_2, t_2) наз. величина

$$s=(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2+(z_1-z_2)^2-c^2(t_1-t_2)^2$$

– эта величина имеет во всех СК одно и то же значения, т. е. явл. **инвариантом преобразобаний Лоренца.**

$s^2>0 \Rightarrow$ интервал пространственноподобный.

$s^2>0 \Rightarrow$ интервал времениподобный.

$s^2=0 \Rightarrow$ интервал нулевой (такой интервал $\exists$ существуе между событиями, которые могут быть связаны сигналом, распространяющимся со скоростью света).

Время, которое измеряется по часам, связанным с движущейся точкой, наз. **собственным временем** этой точки.

Длинна, которая измеряется прибором, связанным с движущимся стержнем, наз. **абсолютной длинной.**

Вопрос 2.

Обтекание тел идеальной и вязкой жидкостью. Парадокс Деламбера. Лобовое сопротивление. Сила лобового сопротивления при больших и малых числах Рейнолдса.

Взаимодействие тела с потоком идеальной жидкости. Еще Ньютоном была сформулирована получившая название ударной теория, базирующаяся на представлении воздуха в виде отдельных не связанных друг с другом материальны частиц. Согласно этой теории сила давления воздушного потока на площадку S, наклоненную под углом a (углом атаки) к направ лению потока, равна: $F=\rho S v^2 \sin^2\alpha$. Эта

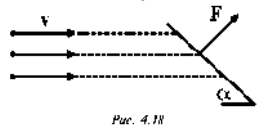


Рис. 4.18

формула легко получается, если подсчитать импульс неупругих ударов составляющих ее материальных частиц. Опытная проверка этой формулы показала, что она неверно описывает зависимость силы F от угла атаки. И только при скоростях потока, значительно больших скорости звука, формула Ньютона оказывается справедливой. Модель воздуха как совокупности дискретных частиц является неверной. Реальные же силы могут быть подсчитаны на основе гидродинамического подхода, учитывающего обтекание тела движущимся потоком континуальной среды. Пусть в движущемся со скоростью v_0 потоке помещены диск и шар одинакового радиуса r (рис. 4.19). В центре диска точке K, называемой критической, поток останавливается (v = 0), и давление, согласно уравнению Бернули, равно: $p_k=p_0+(\rho v_0^2/2)$. Из-за поворота трубок тока на 90^0 давление в других точках на поверхности диска будет таким же, как и в точке K. Поэтому, если позади диска давление равно p_0 , то поток действует на диск с силой $F_{\parallel}=(p_k-p_0)\pi r^2=\rho v_0^2 S/2$. Гидродинамическая сила F , которая может трактоваться как **сила лобового** сопротивления при движении диска со скоростью v0 в потоке, вдвое меньше силы, вычисляемой на основе ударной теории ((1) при sin α=1). Если теперь в поток поместить шар, то по ударной теории на него будет действовать та же сила, что и на диск. При гидродинамическом подходе эта сила будет отсутствовать вовсе. Действительно, при симметричном потоке относительно сечения O_1 O_2 давления в произвольной точке M и симметричной точке M' будут одинаковы, поскольку одинаковы скорости потока в этих точках. Равенство нулю результирующей силы при плавном (безотрывном) обтекании идеальной жидкостью шара, цилиндра и другие. называется парадоксом Даламбера. Давление в любой точке потока вблизи поверхности шара можно рассчитать, пользуясь уравнением Бернулли: $p_k=p_0+(\rho v_0^2/2)-(\rho v^2/2)$. На рис. 4.20 изображено распределение избыточных сил давления $\sigma_p=p-p_0$, действующих по нормали к поверхности

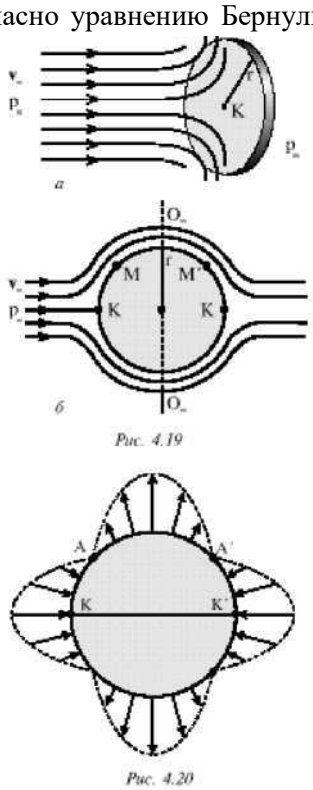


Рис. 4.19

Рис. 4.20

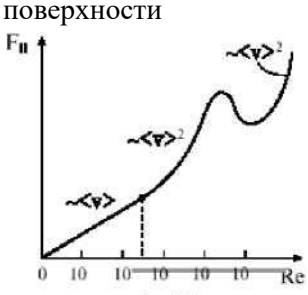


Рис. 4.21

шара. Отсутствие сил в точках A и Ar есть результат равенства скоростей в этих точках исходной скорости потока. При больших числах Рейнолдса сила лобового сопротивления обусловлена разностью давлений, а при малых – вязкостью.

Тело в потоке вязкой жидкости. Лобовое сопротивление. Поток реальной жидкости или газа действует с некоторой силой на тело, помещенное в этот поток. Для осесимметричного тела с осью симметрии, направленной вдоль потока, эта сила также будет направлена вдоль потока. Она получила название силы **лобового сопротивления.** Основные физические причины возникновения лобового сопротивления можно установить наиболее просто, если рассмотреть обтекание потоком шара радиуса r. На рис. 4.21. изображена зависимость силы лобового сопротивления от числа Рейнольдса. При малых скоростях течения, когда $Re<10^2$ $F_{\parallel}\sim v$, т. к. на шар действуют силы вязкости, возникающие вследствие существования тонкого пограничного слоя вблизи поверхности шара ($d\cong r/(Re)^{1/2}$). При таких скоростях происходит ламинарное (слоистое) течение жидкости. Вне этого слоя реаль ная жидкость течет так же, как и идеальная, обтекая шар симметрично. Наоборот, при числах Re ~ 1 говорить о пограничном слое некорректно, т.к. градиенты скорости существенны в области, размеры которой значительно больше радиуса шара. При малых числах Рейнольдса сила лобового сопротивления для шара подчиняется закону Стокса: $F_{\parallel}=6\pi\mu r v$. При $Re>10^2$, симметрия обтекания нарушается — позади шара происходит отрыв линий тока (рис. 4.22). При таких скоростях пограничный слой становится очень тонким, а поперечные градиенты скорости в нем — большими. Силы вязкости, которые при этом возрастают, тормозят движение частиц среды, движущихся вдоль поверхности шара, настолько, что они не в состоянии полностью обогнуть шар. Хотя течение в тонком пограничном слое остается ламинарным, позади шара образуются вихри. Симметрия давлений в точках A и A' нарушается. $F_{\parallel}=C_X S\rho v^2/2$, где C_X — коэффициент лобового

сопротивления для тела данной формы. Область квадратичной зависимости силы F от скорости v простирается вплоть до чисел Рейнольдса Re~10^5. При больших скоростях пограничный слой постепенно турбулизуется, и при Re=3 10^5 он полностью турбулентен. Для ламинарного и турбулентного обтекания тел можно использовать единую формулу для расчета силы лобового сопротивления: $F_{\parallel}=C_x(Re)S\rho v^2/2$, в которой коэффициент лобового сопротивления должен зависеть от скорости так, как это изображено на рис. 4.23.

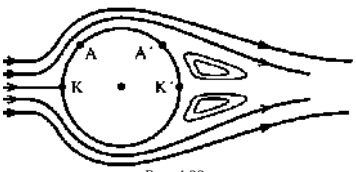


Рис. 4.22.

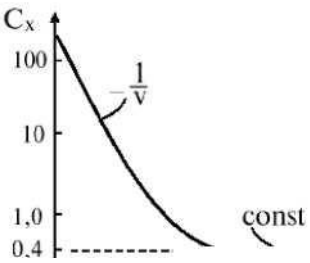


Рис. 4.23