Физика 2 курс нмм-02-23

Вопросы

А.Д.

Содержание

### 0.0.1 **Подробные ответы на вопросы по механике**

### 0.0.2 **1. Физические величины и их измерение. Системы единиц физических величин**

**Физическая величина** — количественная характеристика свойств тел или процессов, которая может быть измерена (например, длина, масса, время).

**Измерение** — процесс сравнения величины с эталоном. Результат измерения выражается числом и единицей.

**Системы единиц**:  
1. **СИ (Международная система единиц)** — основная современная система.  
- Основные единицы: метр (м), килограмм (кг), секунда (с), ампер (А), кельвин (К), моль (моль), кандела (кд).  
- Производные единицы: ньютон (Н = кг·м/с²), джоуль (Дж = Н·м).  
2. **СГС (сантиметр-грамм-секунда)** — используется в теоретической физике.  
- Основные единицы: сантиметр (см), грамм (г), секунда (с).  
3. **Английская система** (футы, фунты) — применяется в некоторых странах для бытовых измерений.

**Пример**:  
Скорость в СИ измеряется в м/с, а в СГС — в см/с.

### 0.0.3 **2. Материальная точка, радиус-вектор, траектория, замкнутая система**

* **Материальная точка** — идеализированное тело, размерами которого можно пренебречь в условиях задачи. Например, Земля при изучении её движения вокруг Солнца.
* **Радиус-вектор (())** — вектор, соединяющий начало координат с положением точки в пространстве. В декартовой системе:  
  [ = x + y + z. ]
* **Траектория** — линия, описываемая материальной точкой при движении. Уравнение траектории можно получить, исключив время из уравнений (x(t)), (y(t)), (z(t)).
* **Замкнутая система** — система тел, не взаимодействующих с внешними телами. Пример: два сталкивающихся шара в вакууме.

**Пример**:  
Для движения по окружности радиус-вектор: ( = R(t + t )).

### 0.0.4 **3. Линейная скорость и ускорение**

* **Линейная скорость (())** — производная радиус-вектора по времени:  
  [ = . ]  
  Единица в СИ: м/с.
* **Ускорение (())** — производная скорости по времени:  
  [ = = . ]  
  Состоит из:
  + Тангенциального ускорения ((a\_{})) — изменяет модуль скорости.
  + Нормального ускорения ((a\_n)) — изменяет направление скорости.

**Пример**:  
Для равномерного движения по окружности: (a\_n = ), (a\_{} = 0).

### 0.0.5 **4. Угловая скорость, угловое ускорение, связь с линейными величинами**

* **Угловая скорость (())** — вектор, направленный вдоль оси вращения:  
  [ = , . ]
* **Угловое ускорение (())**:  
  [ = . ]
* **Связь линейных и угловых величин**:  
  [ v = R, a\_{} = R, a\_n = ^2 R. ]

**Пример**:  
Для колеса радиусом 0.5 м, вращающегося с (= 2) рад/с: (v = 1) м/с.

### 0.0.6 **5. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта**

* **Первый закон Ньютона (закон инерции)**:  
  > Тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действуют силы или их действие скомпенсировано.
* **Инерциальная система отсчёта (ИСО)** — система, где выполняется первый закон Ньютона. Земля приближённо считается ИСО, если пренебречь её вращением.

**Пример**:  
Шарик на гладком льду движется равномерно, пока трение не остановит его.

### 0.0.7 **6. Масса, сила, второй закон Ньютона**

* **Масса ((m))** — мера инертности тела. Единица: кг.
* **Сила (())** — причина изменения скорости тела. Единица: Н (ньютон).
* **Второй закон Ньютона**:  
  [ = m . ]  
  В общем виде (для переменной массы, как в ракете):  
  [ = . ]

**Пример**:  
Сила 10 Н, приложенная к телу массой 2 кг, вызывает ускорение 5 м/с².

### 0.0.8 **7. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса**

* **Третий закон Ньютона**:  
  > Силы взаимодействия двух тел равны по модулю и противоположны по направлению:  
  [ *{12} = -*{21}. ]
* **Закон сохранения импульса**:  
  В замкнутой системе векторная сумма импульсов (( = m)) постоянна:  
  [ \_i = . ]

**Пример**:  
При выстреле из пушки импульс снаряда равен импульсу отдачи орудия.

### 0.0.9 **8. Центр масс. Теорема о движении центра масс**

* **Центр масс (ЦМ)** — точка, движение которой описывает движение системы как целого:  
  [ \_{cm} = . ]
* **Теорема**:  
  > Центр масс системы движется как материальная точка с массой, равной сумме масс системы, под действием всех внешних сил:  
  [ *{ext} = M* {cm}. ]

**Пример**:  
ЦМ Солнечной системы близок к Солнцу из-за его большой массы.

### 0.0.10 **9. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского**

* **Уравнение Мещерского**:  
  [ m(t) = \_{ext} + , ]  
  где () — скорость истечения массы относительно тела (например, газов ракеты).
* **Формула Циолковского** (для скорости ракеты без учёта внешних сил):  
  [ v = u . ]

**Пример**:  
Ракета с начальной массой 1000 кг и скоростью истечения газов 2000 м/с после сброса 800 кг топлива достигнет скорости (v = 2000 ) м/с.

### 0.0.11 **10. Работа силы. Консервативные силы. Потенциальные поля**

* **Работа силы** на пути (L):  
  [ A = \_L d. ]  
  Для постоянной силы: (A = F s ).
* **Консервативные силы** (гравитация, упругость) — силы, работа которых не зависит от траектории. Для них существует **потенциальная энергия ((U))** такая, что:  
  [ = -U. ]
* **Потенциальное поле** — поле, где все силы консервативны (например, гравитационное поле Земли).

**Пример**:  
Работа силы тяжести при подъёме на высоту (h): (A = -mgh).

### 0.0.12 **11. Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки и системы материальных точек**

**Кинетическая энергия ((T))** — энергия движения:  
- Для материальной точки:  
[ T = ,  
]  
где (m) — масса, (v) — скорость.  
- Для системы точек:  
[ T = .  
]

**Потенциальная энергия ((U))** — энергия взаимодействия или положения в поле консервативных сил:  
- В гравитационном поле:  
[ U = mgh ().  
]  
- Для упругой пружины:  
[ U = ,  
]  
где (k) — жёсткость, (x) — деформация.  
- Для системы точек в гравитационном поле:  
[ U = m\_i g h\_i.  
]

**Пример**:  
Тело массой 2 кг, движущееся со скоростью 3 м/с, имеет кинетическую энергию (T = 9) Дж.

### 0.0.13 **12. Закон сохранения энергии в механике**

Полная механическая энергия замкнутой системы остаётся постоянной, если действуют только консервативные силы:  
[ E = T + U = .  
]  
- Если присутствуют неконсервативные силы (трение), энергия переходит в тепло:  
[ E = A\_{}.  
]

**Пример**:  
Мяч, падающий с высоты 10 м, в момент удара о землю имеет скорость (v = ) м/с (если нет трения).

### 0.0.14 **13. Абсолютно упругий и неупругий удары**

**Абсолютно упругий удар**:  
- Сохраняются кинетическая энергия и импульс.  
- Скорости после удара:  
[ v\_1’ = , v\_2’ = .  
]

**Абсолютно неупругий удар**:  
- Тела слипаются, энергия не сохраняется (часть переходит в тепло).  
- Скорость после удара:  
[ v’ = .  
]

**Пример**:  
Два шара ((m\_1 = 1) кг, (v\_1 = 2) м/с; (m\_2 = 2) кг, (v\_2 = 0)) после неупругого удара движутся со скоростью (v’ ) м/с.

### 0.0.15 **14. Момент количества движения и момент силы**

* **Момент импульса (())** относительно точки:  
  [ = = m,  
  ]  
  где () — радиус-вектор, () — импульс.
* **Момент силы (())**:  
  [ = .  
  ]

**Пример**:  
Для частицы, движущейся по окружности, (L = mvr).

### 0.0.16 **15. Закон сохранения момента количества движения**

Если сумма моментов внешних сил равна нулю, момент импульса системы сохраняется:  
[ \_i = .  
]

**Пример**:  
Фигурист прижимает руки к телу, уменьшая момент инерции, что увеличивает угловую скорость.

### 0.0.17 **16. Момент инерции. Теорема Штейнера**

* **Момент инерции ((J))** — мера инертности при вращении:  
  [ J = m\_i r\_i^2 (),  
  ]  
  где (r\_i) — расстояние до оси вращения.
* **Теорема Штейнера**:  
  [ J = J\_0 + md^2,  
  ]  
  где (J\_0) — момент инерции относительно центра масс, (d) — расстояние до новой оси.

**Пример**:  
Стержень длиной (L) относительно оси через центр: (J\_0 = ); относительно конца: (J = ).

### 0.0.18 **17. Основной закон вращательного движения**

[ = J ,  
]  
где () — сумма моментов сил, () — угловое ускорение.

**Пример**:  
Колесо с (J = 2) кг·м² под действием момента силы 10 Н·м приобретает угловое ускорение (= 5) рад/с².

### 0.0.19 **18. Прецессия гироскопа**

* **Свободная прецессия** — медленное вращение оси гироскопа вокруг вертикали под действием момента силы тяжести.
* **Вынужденная прецессия** — возникает при внешнем воздействии (например, принудительном повороте оси).

**Пример**:  
Волчок, вращающийся на столе, прецессирует вокруг вертикальной оси.

### 0.0.20 **19. Упругие деформации. Энергия деформации**

* **Упругая деформация** — исчезает после снятия нагрузки.
* **Энергия деформации**:  
  [ U = k x^2 ().  
  ]

**Пример**:  
Пружина с (k = 100) Н/м, растянутая на 0.1 м, запасает энергию (U = 0.5) Дж.

### 0.0.21 **20. Однородные деформации (растяжение, сдвиг)**

* **Модуль Юнга ((E))** характеризует сопротивление растяжению:  
  [ = E ,  
  ]  
  где () — напряжение, () — относительная деформация.
* **Коэффициент Пуассона (())** — отношение поперечного сжатия к продольному растяжению.
* **Модуль сдвига ((G))** описывает деформацию под действием касательных сил.

**Пример**:  
Для стали (E ) ГПа, ().

### 0.0.22 **21. Неоднородные деформации (кручение, изгиб)**

* **Кручение**:  
  [ = ,  
  ]  
  где (J\_p) — полярный момент инерции сечения, (M) — крутящий момент.
* **Модуль кручения** — жёсткость при кручении.

**Пример**:  
Вал диаметром 5 см при крутящем моменте 100 Н·м закручивается на угол ().

### 0.0.23 **22. Виды сухого (внешнего) трения. Сила трения покоя, скольжения, качения**

**Сухое трение** — сопротивление, возникающее при контакте двух твёрдых тел без смазки.  
1. **Сила трения покоя** ((F\_{})):  
- Возникает, когда тело пытаются сдвинуть, но оно остаётся неподвижным.  
- Максимальное значение:  
[ F\_{} = \_0 N,  
]  
где (\_0) — коэффициент трения покоя, (N) — сила нормального давления.  
- Пример: ящик на полу начинает скользить только при приложении силы (F > \_0 N).

1. **Сила трения скольжения** ((F\_{})):
   * Действует при движении тела:  
     [ F\_{} = N,  
     ]  
     где () — коэффициент трения скольжения ((< \_0)).
   * Пример: сани, скользящие по снегу.
2. **Сила трения качения** ((F\_{})):
   * Возникает при качении тела (например, колеса):  
     [ F\_{} = N,  
     ]  
     где (k) — коэффициент трения качения, (r) — радиус колеса.
   * Пример: движение автомобиля по асфальту.

**Важно**:  
- (\_0 > ) — трение покоя всегда больше трения скольжения.  
- Трение качения значительно меньше трения скольжения.

### 0.0.24 **23. Гармонические колебания. Уравнение осциллятора**

**Гармонические колебания** — периодическое движение, описываемое синусом или косинусом.  
- **Уравнение движения**:  
[ + \_0^2 x = 0,  
]  
где (\_0 = ) — собственная частота колебаний.  
- **Решение**:  
[ x(t) = A (\_0 t + ),  
]  
где (A) — амплитуда, () — начальная фаза.

**Пример**:  
Груз на пружине ((k = 100) Н/м, (m = 1) кг) колеблется с частотой (\_0 = 10) рад/с.

### 0.0.25 **24. Математический маятник. Период колебаний**

**Математический маятник** — идеализированная система: точечная масса на невесомой нити.  
- **Период колебаний**:  
[ T = 2,  
]  
где (l) — длина нити, (g) — ускорение свободного падения.  
- **Условие**: колебания должны быть малыми (угол отклонения (< 5°)).

**Пример**:  
При (l = 1) м и (g = 9.8) м/с² период (T ) с.

### 0.0.26 **25. Пружинный маятник. Период колебаний**

**Пружинный маятник** — груз массой (m) на пружине жёсткостью (k).  
- **Период колебаний**:  
[ T = 2.  
]

**Пример**:  
Для (m = 0.5) кг и (k = 50) Н/м период (T ) с.

### 0.0.27 **26. Физический маятник. Период и приведённая длина**

**Физический маятник** — твёрдое тело, колеблющееся вокруг оси под действием силы тяжести.  
- **Период колебаний**:  
[ T = 2},  
]  
где (J) — момент инерции относительно оси, (l) — расстояние от оси до центра масс.  
- **Приведённая длина**:  
[ L\_{} = .  
]

**Пример**:  
Стержень длиной 1 м, колеблющийся вокруг конца, имеет (T ) с.

### 0.0.28 **27. Затухающие колебания. Время затухания. Логарифмический декремент**

**Затухающие колебания** — колебания с уменьшающейся амплитудой из-за трения.  
- **Уравнение**:  
[ + 2 + \_0^2 x = 0,  
]  
где () — коэффициент затухания.  
- **Решение**:  
[ x(t) = A e^{-t} (t + ), = .  
]  
- **Логарифмический декремент**:  
[ = T = .  
]  
- **Время затухания** — время, за которое амплитуда уменьшается в (e) раз.

**Пример**:  
При (= 0.1) с⁻¹ и (\_0 = 5) рад/с колебания затухают за (t ) с.

### 0.0.29 **28. Вынужденные колебания. Резонанс. Добротность**

**Вынужденные колебания** — возникают под действием периодической силы (F(t) = F\_0 (t)).  
- **Резонанс** — резкое увеличение амплитуды при (\_0).  
- **Добротность ((Q))**:  
[ Q = .  
]  
- **Ширина резонансной кривой**:  
[ = .  
]

**Пример**:  
Для маятника с (Q = 10) резонанс наблюдается при частоте, близкой к (\_0).

### 0.0.30 **29. Параметрический резонанс**

**Параметрические колебания** — возникают при периодическом изменении параметров системы (например, длины маятника).  
- **Параметрический резонанс** — резкое нарастание амплитуды при определённых частотах изменения параметра.

**Пример**:  
Качели раскачиваются, если стоящий человек периодически приседает.

### 0.0.31 **30. Колебания с двумя степенями свободы. Фигуры Лиссажу**

**Система с двумя степенями свободы** — описывается двумя координатами (например, (x(t)) и (y(t))).  
- **Фигуры Лиссажу** — траектории, получаемые при сложении взаимно перпендикулярных колебаний с разными частотами.  
[ x(t) = A (\_1 t), y(t) = B (\_2 t + ).  
]  
- Форма фигур зависит от соотношения (\_1/\_2) и фазы ().

**Пример**:  
Для (\_1 = \_2) и (= /2) получается окружность.

### 0.0.32 **31. Волны в упругих средах. Уравнение волны**

**Уравнение плоской монохроматической волны**:  
[ (x, t) = A (t - kx + ),  
]  
где:  
- (A) — амплитуда,  
- (= 2f) — циклическая частота,  
- (k = ) — волновое число,  
- () — длина волны,  
- (v = = f) — фазовая скорость.

**Пример**:  
Звуковая волна с частотой 440 Гц и скоростью 340 м/с имеет длину волны () м.

### 0.0.33 **32. Продольные и поперечные волны. Волновая поверхность. Волновой фронт. Волновой вектор. Уравнение сферической волны**

**Продольные волны**: - Частицы среды колеблются вдоль направления распространения волны. - Пример: звуковые волны в воздухе, волны в пружине.

**Поперечные волны**: - Частицы среды колеблются перпендикулярно направлению распространения. - Пример: волны на поверхности воды, электромагнитные волны.

**Волновая поверхность**: - Геометрическое место точек, колеблющихся в одинаковой фазе. - Для плоской волны — плоскость, для сферической — сфера.

**Волновой фронт**: - Поверхность, разделяющая возмущённую и невозмущённую части среды.

**Волновой вектор (())**: - Направлен вдоль распространения волны, модуль (|| = ). - Связь с фазовой скоростью: (\_{} = ).

**Уравнение сферической волны**: [ (r, t) = (t - kr), ] где (r) — расстояние от источника, (A) — амплитуда.

### 0.0.34 **33. Линейные и нелинейные волны. Волновой пакет. Групповая скорость. Биения**

**Линейные волны**: - Подчиняются принципу суперпозиции. - Уравнение линейно (например, ( = v^2 )).

**Нелинейные волны**: - Не подчиняются суперпозиции, могут образовывать ударные волны. - Пример: волны большой амплитуды в жидкости.

**Волновой пакет**: - Суперпозиция волн с близкими частотами, образующая локализованный импульс. - **Групповая скорость** ((v\_g)): скорость переноса энергии: [ v\_g = . ] Для диспергирующих сред (v\_g v\_{}).

**Биения**: - Возникают при наложении двух волн с близкими частотами (\_1) и (\_2): [ (t) = 2A ( t) ( t). ] Частота биений: (f = |f\_1 - f\_2|).

### 0.0.35 **34. Скорость продольной волны в упругой среде (в упругом стержне)**

Для продольных волн в стержне: [ v = , ] где: - (E) — модуль Юнга, - () — плотность материала.

**Пример**: Для стали ((E ) ГПа, () кг/м³): (v ) м/с.

### 0.0.36 **35. Стоячие волны. Уравнение стоячей волны. Колебания струны**

**Стоячие волны**: - Возникают при интерференции двух волн одинаковой частоты, распространяющихся в противоположных направлениях. - Уравнение: [ (x, t) = 2A (kx) (t). ] - **Пучности** — точки с максимальной амплитудой, **узлы** — точки с нулевой амплитудой.

**Струна, закреплённая на концах**: - Условие резонанса: длина струны (L = n ), где (n = 1, 2, 3, ). - Частоты гармоник: [ f\_n = , v = , ] где (T) — натяжение струны, () — линейная плотность.

### 0.0.37 **36. Звуковые волны в газе. Интенсивность. Громкость. Скорость звука. Эффект Доплера**

**Скорость звука в газе**: [ v = = , ] где: - () — показатель адиабаты, - (p) — давление, - (R) — универсальная газовая постоянная, - (M) — молярная масса.

**Интенсивность звука ((I))**: [ I = = v ^2 A^2 . ]

**Громкость**: - Субъективное восприятие интенсивности, измеряется в децибелах (дБ): [ L = 10 \_{10} (), I\_0 = 10^{-12} ^2. ]

**Эффект Доплера**: - Изменение частоты при движении источника или наблюдателя: [ f’ = f (), ] где (v\_o) — скорость наблюдателя, (v\_s) — скорость источника.

### 0.0.38 **37. Энергия упругой волны. Вектор Умова**

**Объёмная плотность энергии**: [ u = = ^2 A^2. ]

**Вектор Умова**: - Характеризует поток энергии: [ = u . ]

### 0.0.39 **38. Принципы относительности Галилея и Эйнштейна**

**Принцип относительности Галилея**: - Законы механики одинаковы во всех инерциальных системах отсчёта (ИСО). - Преобразования Галилея: [ x’ = x - vt, t’ = t. ]

**Принцип относительности Эйнштейна**: - Законы физики (не только механики) одинаковы во всех ИСО. - Скорость света (c) постоянна в любой ИСО.

### 0.0.40 **39. Основные положения СТО**

1. **Инвариантность скорости света**: (c = ).
2. **Относительность одновременности**.
3. **Замедление времени**: [ t’ = t, = . ]
4. **Сокращение длины**: [ L’ = . ]

### 0.0.41 **40. Преобразования Лоренца. Релятивистская механика**

**Преобразования Лоренца**: [ x’ = (x - vt), t’ = (t - ). ]

**Релятивистский импульс**: [ = m . ]

**Энергия**: [ E = m c^2, E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4. ]

### 0.0.42 **41. Неинерциальные системы. Силы Кориолиса и центробежная**

**Центробежная сила**: [ \_{} = -m ( ). ]

**Сила Кориолиса**: [ \_{} = -2m ( ). ] **Пример**: отклонение ветров в атмосфере Земли.

### 0.0.43 **42. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера**

**Закон Ньютона**: [ F = G . ]

**Законы Кеплера**: 1. Орбиты планет — эллипсы с Солнцем в фокусе. 2. Радиус-вектор планеты за равные времена заметает равные площади. 3. Квадраты периодов пропорциональны кубам больших полуосей: [ T^2 a^3. ]

### 0.0.44 **43. Финитное и инфинитное движения. Космические скорости**

**Финитное движение** — движение тела в ограниченной области пространства (например, планеты по эллиптической орбите).  
**Инфинитное движение** — неограниченное движение (например, гиперболический пролёт кометы).

**Космические скорости**:  
1. **Первая космическая ((v\_1))** — скорость круговой орбиты у поверхности Земли:  
[ v\_1 =  ,  
]  
где (R) — радиус Земли.  
2. **Вторая космическая ((v\_2))** — скорость для преодоления гравитации (параболическая траектория):  
[ v\_2 = v\_1  .  
]  
3. **Третья космическая ((v\_3))** — скорость для покидания Солнечной системы:  
[ v\_3  .  
]

### 0.0.45 **44. Законы гидростатики. Основное уравнение гидростатики**

1. **Давление в жидкости** направлено по нормали к поверхности.
2. **Давление на одной глубине одинаково** во всех точках.
3. **Основное уравнение гидростатики**:  
   [ p = g h,  
   ]  
   где:
   * () — плотность жидкости,
   * (h) — глубина,
   * (g) — ускорение свободного падения.

**Пример**: На глубине 10 м в воде ((= 1000  ^3)):  
[ p = 1000 = 98  .  
]

### 0.0.46 **45. Стационарное течение. Теорема о неразрывности струи**

**Стационарное течение** — скорость жидкости в каждой точке постоянна во времени.  
**Теорема неразрывности**:  
[ \_1 v\_1 A\_1 = \_2 v\_2 A\_2,  
]  
где:  
- (A) — площадь сечения,  
- (v) — скорость.  
Для несжимаемой жидкости ((= )):  
[ v\_1 A\_1 = v\_2 A\_2.  
]

**Пример**: Сужение трубы в 2 раза увеличивает скорость в 2 раза.

### 0.0.47 **46. Уравнение Бернулли**

Для стационарного течения идеальной жидкости:  
[ p\_1 + v\_1^2 + g h\_1 = p\_2 + v\_2^2 + g h\_2.  
]  
**Применение**:  
- Подъёмная сила крыла самолёта (разность давлений из-за разной скорости потока).  
- Эффект Вентури в трубах.

### 0.0.48 **47. Вязкость. Закон Ньютона. Формула Пуазейля**

**Вязкость (())** — мера сопротивления течению.  
**Закон Ньютона**:  
[ F = A ,  
]  
где () — градиент скорости.

**Течение в трубе (формула Пуазейля)**:  
[ Q = ,  
]  
где:  
- (Q) — объёмный расход,  
- (R) — радиус трубы,  
- (p) — перепад давления,  
- (L) — длина трубы.

**Пример**: Для воды ((^{-3}  )) в трубе (R = 1  ), (p = 100  ), (L = 1  ):  
[ Q  .  
]

### 0.0.49 **48. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса**

* **Ламинарное течение** — слоистое, без перемешивания.
* **Турбулентное течение** — хаотичное, с вихрями.

**Число Рейнольдса ((Re))**:  
[ Re = ,  
]  
где (L) — характерный размер (например, диаметр трубы).  
- (Re < 2000) — ламинарное,  
- (Re > 4000) — турбулентное.

**Пример**: Для воды в трубе диаметром 2 см при (v = 0.1  ):  
[ Re .  
]

### 0.0.50 **49. Пограничный слой и отрыв**

**Пограничный слой** — тонкий слой у поверхности, где скорость меняется от 0 до (v\_{}).  
**Отрыв потока** — возникает при резком увеличении давления, что приводит к турбулентности.  
**Пример**: Отрыв потока за автомобилем увеличивает сопротивление.

### 0.0.51 **50. Движение тел в жидкостях и газах. Лобовое сопротивление. Эффект Магнуса**

**Лобовое сопротивление**:  
[ F\_{} = C\_x v^2 A,  
]  
где:  
- (C\_x) — коэффициент сопротивления,  
- (A) — площадь поперечного сечения.

**Подъёмная сила**:  
[ F\_{} = C\_y v^2 A.  
]

**Эффект Магнуса** — возникновение подъёмной силы при вращении тела (например, мяча с топ-спином).

**Пример**:  
Мяч радиусом 5 см, вращающийся со скоростью 10 об/с в воздухе ((= 1.2  ^3)), при (v = 20  ) создаёт подъёмную силу:  
[ F  .  
]