

Министерство образования и науки РБ  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Бурятский лесопромышленный колледж»

## **Методические рекомендации**

### **Алгоритмы решения задач по физике**

Рекомендовано методическим Советом БЛПК в качестве методических указаний для студентов средних профессиональных учебных заведений при самостоятельной работе по дисциплине «Физика»



Улан-Удэ  
2016

ББК 22.3

М 54

М 54. Методические рекомендации «Алгоритмы решения задач по физике»:. – Улан – Удэ: Ризография БЛПК, 2016. – 35с

Автор: Н.Б. Цырендылыкова, преподаватель физики БЛПК

Рецензент: Л.В.Николаева, к.п.н., преподаватель СибГУТИ

Ответственный за выпуск: Е.Т. Хинхаева, руководитель по научно- методической работе БЛПК

В методической рекомендации приведены подробные алгоритмы решения задач по физике. Издание призвано помочь студентам колледжа при самостоятельной работе по дисциплине «Физика».

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. КИНЕМАТИКА.....	5
СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ.....	5
РАВНОУСКОРЕННОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	7
ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ БРОСОК.....	11
2. ДИНАМИКА.....	12
АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА.....	12
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА.....	14
3. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.....	17
УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА.....	17
ГРАФИКИ ИЗОПРОЦЕССОВ.....	20
4. ТЕРМОДИНАМИКА.....	23
ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ ДЛЯ ИЗОПРОЦЕССОВ.....	24
5. ЭЛЕКТРОСТАТИКА.....	25
ЗАКОН КУЛОНА.....	25
ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ.....	27
ЛИТЕРАТУРА.....	31

## **Введение**

Цель данной методической разработки – оказание помощи в решении задач по физике и постепенное развитие самостоятельного анализа обсуждаемых вопросов.

Здесь вы найдёте необходимый теоретический материал, изложенный простым и понятным языком, много математических и физических формул, необходимых для решения задач. Особое внимание уделяется единицам физических величин и связям между ними. Важная особенность пособия — советы о «словах-подсказках», в которых подчас скрывается ключ к решению задач.

В пособии содержится много обобщающих таблиц, которые облегчают понимание и запоминание материала. Особый интерес представляют алгоритмы решения задач и чертежи.

К каждому пункту даются задачи, подобранные по принципу: от простого к сложному.

***Желаем удачи!***

# 1. Кинематика

## Равномерное прямолинейное движение

**Равномерное прямолинейное движение** — движение, при котором тело за любые равные промежутки времени, совершает равные перемещения.

### Скорость при равномерном прямолинейном движении

Скорость  $v$  (м/с) — векторная физическая величина, которая показывает, какое перемещение совершает тело за единицу времени.

В векторном виде:

$$v_x = \frac{s_x}{t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

Дополнительные единицы измерения скорости:

$$1 \text{ км/ч} = 1000 \text{ м} / 3600 \text{ с}$$

$$1 \text{ см/с} = 0,01 \text{ м/с}$$

$$1 \text{ км/с} = 1000 \text{ м/с}$$

$$1 \text{ м/мин} = 1 \text{ м} / 60 \text{ с}$$

Измерительный прибор — *спидометр* — показывает модуль скорости.

Знак проекции скорости зависит от направления вектора скорости и оси координат:

$$V_1 = 2 \text{ м/с} \quad V_2 = 3 \text{ м/с}$$



$$V_{1x} = 2 \text{ м/с}; \quad v_{2x} = -3 \text{ м/с} \quad OX$$

**Задание.** Переведите в СИ: 72 км/ч; 108 км/ч; 90 км/ч; 54 км/ч; 36 км/ч; 60 км/ч; 100 км/ч; 8 км/с; 12 км/с; 20 см/с; 5 см/с; 30 мм/с; 60 м/мин; 120 м/мин.

## Средняя скорость

**Неравномерное движение** — движение с переменной скоростью.

Это самый распространенный вид движения.

### Средняя скалярная (путевая) скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t},$$

где  $l$  — весь путь;  $t$  — всё время.

### Средняя векторная скорость

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\vec{s}}{t},$$

где  $s$  — всё перемещение;  $t$  — всё время.

**Средняя скалярная скорость и модуль средней векторной скорости**

$$v_{\text{ср}} \geq |v_{\text{ср}}|$$

## Советы и подсказки для решения задач на определение средней скорости

*В рамках одной задачи единицы измерения следует согласовать.*

<p>Первую треть времени..., оставшееся время...</p> $t_1 = \frac{t}{3}; t_2 = \frac{2t}{3}$	<p>Три четверти времени..., оставшееся время...</p> $t_1 = \frac{3t}{4}; t_2 = \frac{t}{4}$	<p>Первую половину пути..., вторую половину пути...</p> $l_1 = \frac{l}{2}; l_2 = \frac{l}{2}$
<p>40 % пути..., оставшийся путь...</p> $l_1 = 0,4l; l_2 = 0,6l$	<p>Велосипедист отдыхал</p> $v_n = 0, l_n = 0, t_n \neq 0$	<p>Автомобиль разгружали</p> $v_n = 0, l_n = 0, t_n \neq 0$
<p>Известно время прохождения отдельных участков пути и скорости движения на этих участках</p> $v_{\text{ср}} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2}$	<p>Известны значения отдельных участков пути и скорости на этих участках</p> $v_{\text{ср}} = \frac{l_1 + l_2}{\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}}$	<p>Если в задаче речь идёт о части времени, то всё время обозначаем <math>t</math>. Выражаем весь путь, учитывая скорости движения и интервалы времени.</p> $v_{\text{ср}} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t}$
<p>Если в задаче речь идёт о части пути, то весь путь обозначаем <math>l</math>. Выражаем всё время движения, учитывая скорости на отдельных участках</p> $v_{\text{ср}} = \frac{l}{\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}}$	<p>Известны скорости на первой (<math>v_1</math>) и второй половине пути (<math>v_2</math>)</p> $v_{\text{ср}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$	<p>1. Тело движется равноускоренно и прямолинейно</p> $v_{\text{ср}} = \frac{v_0 + v}{2}$ <p>2. Известны скорости за равные интервалы времени</p> $v_{\text{ср}} = \frac{v_1 + v_2}{2}$

### Задачи для самостоятельного решения

1. В течение первых 5 ч поезд двигался со средней скоростью 60 км/ч, а затем в течение 4 ч — со средней скоростью 15 км/ч. Найдите среднюю скорость поезда за всё время движения. **(40 км/ч)**
2. Велосипедист, проехав 4 км со скоростью 12 км/ч, остановился и отдыхал в течение 40 мин. Оставшиеся 8 км пути он проехал со скоростью 8 км/ч. Найдите среднюю скорость велосипедиста на всём пути. **(6 км/ч)**
3. Девочка проезжает на карусели 35 кругов за 3 мин. Радиус карусели 4 м. Определите среднюю скалярную скорость и модуль средней векторной скорости. **(4,88 м/с; 0 м/с)**
4. Первую половину пути человек шёл со скоростью 5 км/ч, а вторую — бежал со скоростью 10 км/ч. Определите среднюю скорость человека на всём пути. **(6,7 км/ч)**
5. Половину времени автомобиль движется со скоростью 20 км/ч, оставшуюся половину — со скоростью 80 км/ч. Определите среднюю скорость автомобиля. **(50 км/ч)**
6. Первые 20% всего пути тело двигалось со средней скоростью 10 м/с, следующие 50% — со скоростью 12 м/с, оставшуюся часть пути — со средней скоростью 15 м/с. Найдите среднюю скорость на всём пути. **(12,24 м/с)**
7. Тело две трети времени двигалось со скоростью 6 м/с, а одну треть времени — 9 м/с. Определите среднюю скорость движения тела за весь промежуток времени. **(7 м/с)**
8. Велосипедист проехал 1/3 пути со скоростью 40 км/ч, три четверти оставшегося пути со скоростью 30 км/ч, а оставшийся путь — со скоростью 60 км/ч. Найдите среднюю путевую скорость. **(36 км/ч)**
9. Средняя скорость поезда на всём пути 15 м/с. С какой скоростью он двигался первые 6 с, если за остальные 12 с прошёл расстояние 150 м? **(20 м/с)**

### Скорость при равноускоренном прямолинейном движении

В векторном виде:

$$v = v_0 + at.$$

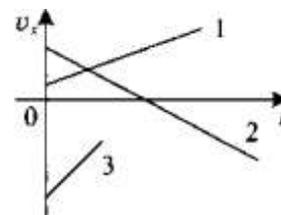
С учётом знака ускорения («+» разгон, «-» торможение):

$$v = v_0 \pm at.$$

Как выглядит  
график?

**График** скорости —  
как по графику  
определить  
направление дви-  
жения тела?

график зависимости  
проекции скорости от



времени. Проекция скорости при равноускоренном прямолинейном движении:  $v_x = v_{0x} + a_x t$ .

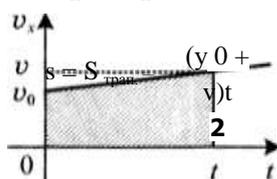
Как с помощью графика сравнить модули ускорений?   
 График скорости при *равноускоренном прямолинейном движении* — прямая (1,2, 3).  
 Если график располагается над осью времени, то тело движется по направлению оси *OX*.

Чем больше тангенс угла наклона графика к оси *t*, тем больше модуль ускорения.

Дополнительная информация

Если график пересекает ось времени (2, 3), то на первом этапе тело тормозило, а на втором двигалось ускоренно в противоположную сторону.

**Геометрический смысл перемещения.** Для определения пути и модуля перемещения при равноускоренном прямолинейном движении следует вычислять площадь фигуры под графиком скорости в осях  $(v_x, t)$ .



В данном случае находим площадь трапеции.

**Советы и подсказки  
 для решения задач на расчёт  
 ускорения, скорости и времени движения**

В задачах на равноускоренное прямолинейное движение единицы измерения всех величин следует сразу переводить в СИ. Ускорение:

$$\pm a = \frac{v - v_0}{t}$$

Мгновенная скорость:  $v = v_0 \pm at$

$$t = \frac{v - v_0}{\pm a}$$

Время движения: \_\_\_\_\_

*Советы.* Знаки перед ускорением учитывайте **только** в формуле («+» разгон, «-» торможение). Помните, что время всегда положительно.

**Подсказки к задачам на равноускоренное  
прямолинейное движение**

Тело движется из состояния покоя	Поезд отходит от станции	Ракета стартует	Пуля в начале ствола винтовки
$u_0 = 0; a > 0$			
Тело тормозит	Поезд подходит к станции	Тело совершает аварийную	Скорость тела увеличилась в $n$ раз $v = nv_0$
$u = 0; a < 0$			
Скорость уменьшилась в $n$ раз $V = u_0 / n$	Скорость увеличилась на 2 м/с $v = u_0 + 2$	Скорость уменьшилась на 4 м/с $v = v_0 - 4$	Во сколько раз увеличилась скорость? $v/v_0$
Во сколько раз уменьшилась скорость? $v_0/V$	Как изменилась скорость? $v/v_0$	На сколько увеличилась скорость? $V - V_0$	На сколько уменьшилась скорость? $V_0 - V$
На сколько процентов увеличилась скорость? $v \sim v_0 \cdot 100\% \quad V_0$	На сколько процентов уменьшилась скорость? $v_0 - \text{и} -100\% \quad v_0$	Тело покоится $v_0 = 0 \quad a = 0$	Модуль ускорения — <b>всегда</b> положительная величина

**ЗАДАЧИ**

**A1.** Автомобиль движется по шоссе с постоянной скоростью и начинает тормозить. Проекция ускорения на ось, направленную по вектору начальной скорости автомобиля

- 1) отрицательна                      2) положительна  
3) равна нулю                        4) может быть любой по знаку

**A2.** Лыжник равноускоренно съезжает со снежной горки. Скорость лыжника в конце спуска 15 м/с. Время спуска 30 с. Каково ускорение движения лыжника? Спуск начинается из состояния покоя.

- 1) 0,05 м/с<sup>2</sup>                              2) 0,5 м/с<sup>2</sup>  
3) 2 м/с<sup>2</sup>                                 4) 200 м/с<sup>2</sup>

**A3.** Во время подъёма в гору скорость велосипедиста, двигающегося прямолинейно и равноускоренно, изменилась за 8 с от 18 км/ч до 10,8 км/ч. При этом ускорение велосипедиста было равно

- 1) -0,25 м/с<sup>2</sup>                              2) 0,25 м/с<sup>2</sup>  
3) -0,9 м/с<sup>2</sup>                               4) 0,9 м/с<sup>2</sup>

**A4.** Санки съехали с одной горки и въехали на другую. Во время подъёма на

горку скорость санок, двигавшихся прямолинейно и равноускоренно, за 4 с изменилась от 12 м/с до 2 м/с. При этом модуль ускорения был равен

- 1)  $-2,5 \text{ м/с}^2$
- 2)  $2,5 \text{ м/с}^2$
- 3)  $-3,5 \text{ м/с}^2$
- 4)  $3,5 \text{ м/с}^2$

**A5.** Тело двигалось в положительном направлении оси  $OX$  в течение 6 с. Среднее ускорение тела за это время составило  $2 \text{ м/с}^2$ . Выберите правильное утверждение

- 1) за 6 с движения тела его скорость изменилась на 12 м/с
- 2) за 6 с движения его скорость изменилась на 3 м/с
- 3) за шестую секунду движения тела его скорость изменилась на 2 м/с
- 4) все три приведенных утверждения правильны

**A6.** Ускорение велосипедиста на одном из спусков трассы равно  $1,2 \text{ м/с}^2$ . На этом спуске его скорость увеличилась на 18 м/с. Велосипедист заканчивает свой спуск после его начала через

- 1) 0,07 с
- 2) 7,5 с
- 3) 15 с
- 4) 21,6 с

**A7.** Лыжник начинает спускаться с горы, имея скорость 4 м/с. Время спуска 30 с. Ускорение лыжника при спуске постоянно и равно  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Какова скорость лыжника в конце спуска?

- 1) 19 м/с
- 2) 22 м/с
- 3) 40 м/с
- 4) 42 м/с

## Горизонтальный бросок

Проекции начальной скорости	$v_{0x} = v_0; v_{0y} = 0$
Проекции ускорения свободного падения	$g_x = 0; g_y = -g$
Проекции мгновенной скорости	$v_x = v_0; v_y = -gt$
Модуль мгновенной скорости $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$
Минимальная скорость	$v_{\min} = v_0$
Максимальная скорость (конечная скорость при падении)	$v_{\max} = v$
Горизонтальное смещение $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{g_x t^2}{2}$	$x = v_0 t$
Мгновенная высота $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$	$y = h_0 - \frac{gt^2}{2}$
Время падения ( $y = 0$ )	$t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$
Дальность полёта	$l = v_0 t_{\text{пад}} = v_0 \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$

### Частный случай горизонтального броска



### Задачи для самостоятельного решения

1. С башни высотой 45 м горизонтально брошен камень. Через какое время он упадёт на землю? (3 с)
2. Глыбу льда сбрасывают с крыши с высоты 25 м горизонтально со скоростью 3 м/с. На каком расстоянии от дома упадёт глыба? (6,7 м)
3. Из окна, расположенного на высоте 5 м от земли, горизонтально брошен камень, упавший на расстоянии 8 м от дома. С какой скоростью брошен камень? (8 м/с)
4. Пуля вылетает из ствола в горизонтальном направлении со скоростью 800 м/с. На сколько снизится пуля во время полёта, если щит с мишенью находится на расстоянии 400 м? (1,25 м)
5. Тело бросили горизонтально со скоростью 40 м/с с некоторой высоты. Определите его скорость через 3 с. (50 м/с)
6. Камень, брошенный горизонтально со скоростью 15 м/с, упал на землю со скоростью 25 м/с. Сколько времени длился полёт камня? (2 с)
7. На горе с углом наклона к горизонту  $30^\circ$  бросают горизонтально мяч с начальной скоростью 15 м/с. На каком расстоянии от точки бросания вдоль наклонной плоскости он упадёт? (30 м)

## 2. Динамика

### Алгоритм решения задач на второй закон Ньютона

1. Кратко записать условие задачи. Все единицы измерения перевести в СИ.
2. Сделать чертёж. На нём указать:
  - изучаемое тело;
  - направление всех сил, прилагая их к центру тела:

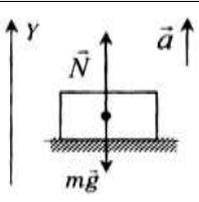
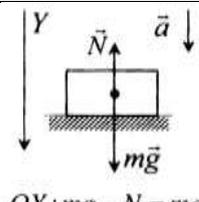
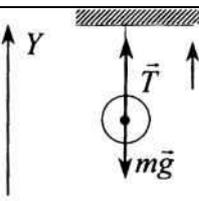
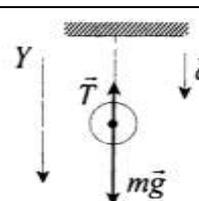
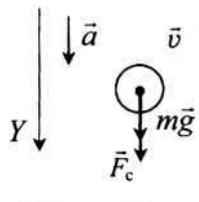
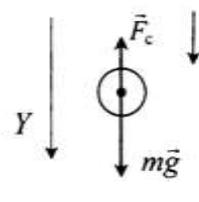
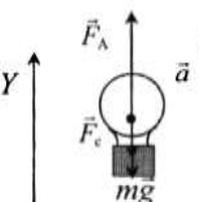
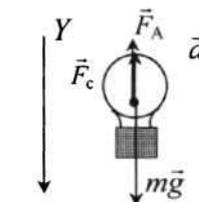
Название силы	Направление
Сила тяжести	Вертикально вниз
Сила реакции опоры	Перпендикулярно опоре
Сила натяжения нити	Вдоль оси подвеса
Сила упругости	Противоположно деформации
Сила трения, сила сопротивления	Противоположно скорости или лению возможного движения
Выталкивающая сила, архимедова сила	Вертикально вверх

- направление ускорения;
- оси координат.

*Совет:* направление одной оси должно совпадать с направлением ускорения.

3. Записать второй закон Ньютона в векторном виде.
4. Записать второй закон Ньютона в проекциях на оси координат.
5. Решить задачу в общем виде.
6. Подставить числовые значения и найти искомую величину. Сделать проверку размерностей

### Ускоренное вертикальное движение ( $a \neq 0$ )

Силы	Подъём	Спуск
Сила тяжести и сила реакции опоры <b>Второй закон Ньютона в векторной форме:</b> $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$	 $OY: N - mg = ma$	 $OY: mg - N = ma$
Сила тяжести и сила натяжения нити <b>Второй закон Ньютона в векторной форме:</b> $\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$	 $OY: T - mg = ma$	 $OY: mg - T = ma$
Сила тяжести и сила сопротивления воздуха <b>Второй закон Ньютона в векторной форме:</b> $m\vec{g} + \vec{F}_c = m\vec{a}$	 $OY: mg + F_c = ma$	 $OY: mg - F_c = ma$
Сила тяжести, сила сопротивления и архимедова сила <b>Второй закон Ньютона в векторной форме:</b> $\vec{F}_A + m\vec{g} + \vec{F}_c = m\vec{a}$	 $OY: F_A - mg - F_c = ma$	 $OY: mg - F_A - F_c = ma$

## ЗАДАЧИ

1. Какая сила натяжения нити действует на тело массой 2 кг, если оно поднимается вверх с ускорением  $20 \text{ м/с}^2$ ? (60 Н)
2. С какой силой нужно действовать на тело массой 10 кг, чтобы оно двигалось вертикально вниз с ускорением  $15 \text{ м/с}^2$ ? (50 Н)
3. Найдите максимальную силу натяжения нити, если верёвка может выдержать груз массой 5 кг при подъёме его с ускорением  $4 \text{ м/с}^2$ . (70 Н)
4. С каким ускорением поднимается лифт, если сила реакции опоры, действующая на груз, увеличилась втрое по сравнению с силой реакции опоры, действующей на неподвижный груз? ( $20 \text{ м/с}^2$ )
5. Прочность троса на разрыв составляет 1600 Н. Какой максимальной массы груз можно поднимать этим тросом с ускорением  $15 \text{ м/с}^2$ ? (64 кг)
6. Груз поднимают на верёвке: один раз равномерно, второй раз с ускорением  $20 \text{ м/с}^2$ . Во сколько раз натяжение верёвки будет больше во втором случае, чем в первом? (В 3 раза)
7. Найдите время падения тела массой 100 г с высоты 20 м, если сила сопротивления  $0,2 \text{ Н}$ . (2,24 с)
8. Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $30 \text{ м/с}$  и достигло высшей точки через 2,5 с. Какова сила сопротивления воздуха, действующая на тело во время подъёма, если его масса 4 кг? (8 Н)
9. Парашютист массой 80 кг падает при открытом парашюте с установившейся скоростью  $5 \text{ м/с}$ . Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте спускается мальчик массой 40 кг? Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости. (3,5 м/с)
10. Определите массу груза, который нужно сбросить с аэростата массой 1100 кг, движущегося равномерно вниз, чтобы он стал двигаться с такой же по модулю скоростью вверх. Архимедова сила, действующая на аэростат, равна 10 кН. Силу сопротивления воздуха при подъёме и спуске считайте одинаковой. (200 кг)

## Закон сохранения импульса

**Закон сохранения импульса:** *полный импульс замкнутой системы сохраняется.*

$$W]D_i + m_2v_2 - m_1v_1 + m_2v_2$$

**векторная сумма импульсов тел до взаимодействия**    **векторная сумма импульсов тел после взаимодействия**

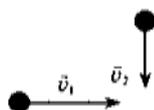
Систему называют *замкнутой*, если тела, входящие в неё, взаимодействуют только друг с другом, а влиянием внешних сил можно пренебречь.

## ЗАДАЧИ

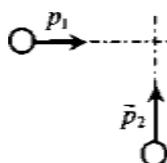
A1. Шары одинаковой массы движутся так, как показано на рисунке, и абсолютно не упруго соударяются. Как будет направлен импульс шаров после соударения?

- 1) ↗  
3) →

- 2) ↓  
4) ↘



A2. Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ , а второго и  $p_2 = 3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Чему равен модуль импульса системы этих тел после их



абсолютно неупругого удара?

->

X

- 1)  $1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$   
3)  $5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

- 2)  $4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$   
4)  $7 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

### Закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось

*Совет:* если до и после столкновения скорости тел направлены вдоль горизонтальной оси, то закон сохранения импульса записывайте в проекциях на ось  $Ox$ . *Помните,* что знак проекции вектора положителен, если его направление совпадает с направлением выбранной оси, и отрицателен, если вектор имеет противоположное оси направление. *Учтите:* при неупругом столкновении двух тел, движущихся навстречу друг другу, скорость совместного движения будет направлена в ту сторону, куда до столкновения двигалось тело с большим импульсом.

Неупругое столкновение с неподвижным телом	$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v$
Неупругое столкновение движущихся тел	$\pm m_1 v_1 \pm m_2 v_2 = \pm (m_1 + m_2) v$
В начальный момент система тел неподвижна	$0 = m_1 v_1' - m_2 v_2'$
До взаимодействия тела двигались с одинаковой скоростью	$(m_1 + m_2) v = \pm m_1 v_1' \pm m_2 v_2'$

**Частные случаи закона сохранения импульса  
(в проекциях на горизонтальную ось)**

Задача	Подсказка
Тележка массой $M$ и длиной $l$ стоит на гладких рельсах. Человек массой $m$ переходит с одного её конца на другой параллельно рельсам. На какое расстояние относительно земли переместится при этом тележка?	<p>Закон сохранения импульса:</p> $Ox: 0 = mv - (M + m)u$ <p>Умножим на время <math>t</math></p> $m\ell = (M + m)s_{\text{тел}}$ <p>Ответ: <math>s_{\text{тел}} = \frac{m\ell}{M + m}</math></p>

**ЗАДАЧИ**

**A29.** Два шара массами  $m$  и  $2m$  движутся со скоростями, равными, соответственно,  $2v$  и  $v$ . Первый шар движется за вторым и, догнав, прилипает к нему. Каков суммарный импульс шаров после удара?

- 1)  $mv$       2)  $2mv$       3)  $3mv$       4)  $4mv$

**A30.** Навстречу друг другу летят шарики из пластилина. Модули их импульсов равны, соответственно,  $5 \cdot 10^2$  кг · м/с и  $3 \cdot 10^2$  кг · м/с. Столкнувшись, шарики слипаются. Импульс слипшихся шариков равен

- 1)  $8 \cdot 10^2$  кг м/с      3)  $2 \cdot 10^2$  кг м/с  
 2)  $4 \cdot 10^2$  кг · м/с      4)  $34 \cdot 10^2$  кг · м/с

**A31.** Пуля массой 10 г попадает в деревянный брусок, неподвижно лежащий на гладкой горизонтальной плоскости, и застревает в нём. Скорость бруска после этого становится равной 8 м/с. Масса бруска в 49 раз больше массы пули. Определите скорость пули до попадания в брусок

- 1) 100 м/с   2) 800 м/с   3) 600 м/с   4) 400 м/с

**A32.** Тележка массой  $m$  движется со скоростью  $3v$  и догоняет тележку массой  $3m$ , движущуюся в ту же сторону со скоростью  $v$ . Каков модуль скорости тележек после их неупругого столкновения?

- 1)  $\frac{v}{3}$       2)  $\frac{v}{2}$       3)  $\frac{3v}{2}$       4)  $\frac{2v}{3}$

**A33.** Две тележки движутся навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями  $v$ . Массы тележек  $m$  и  $2m$ . Какой будет скорость движения

- 1)  $\frac{3v}{2}$       2)  $\frac{2v}{3}$       3)  $3v$       4)  $\frac{v}{3}$

тележек после их абсолютно неупругого столкновения?

**A34.** С неподвижной лодки массой 50 кг на берег прыгнул мальчик массой 40 кг со скоростью 1 м/с, направленной горизонтально. Какую скорость

относительно берега приобрела лодка?

- 1) 0,2 м/с 2) 0,8 м/с 3) 1 м/с 4) 1,8 м/с

**A35.** Игрок в кёрлинг скользит с игровым камнем по льду со скоростью 4 м/с. В некоторый момент он аккуратно толкает камень в направлении своего движения. Скорость камня при этом возрастает до 6 м/с. Масса камня 20 кг, а игрока 80 кг. Какова скорость игрока после толчка? Трение коньков о лёд не учитывайте.

- 1) 3,5 м/с 2) 4 м/с 3) 4,5 м/с 4) 6,5 м/с

**C36.** На одном конце тележки длиной  $l = 5$  м стоит человек массой  $m = 40$  кг. Масса тележки  $M = 60$  кг. На какое расстояние относительно пола передвинется тележка, если человек перейдёт с постоянной скоростью на другой её конец? Массой колёс и трением пренебречь.

**C37.** Снаряд, летящий с некоторой скоростью, разрывается на два осколка. Первый осколок летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению со скоростью 50 м/с, а второй — под углом  $30^\circ$  со скоростью 100 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

Сохранение проекции импульса. В незамкнутых системах закон сохранения импульса выполняется частично. Например, если из пушки под некоторым углом  $\alpha$  к горизонту вылетает снаряд, то влияние силы реакции опоры не позволит орудию «уйти под землю». В момент отдачи оно будет откатываться по поверхности земли.

*Совет:* используйте в таких задачах закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось  $Ox$ .

### 3. Молекулярная физика

#### Уравнение состояния идеального газа

Уравнение состояния идеального газа было открыто экспериментально и носит название уравнения Клапейрона—Менделеева.

Оно устанавливает математическую зависимость между параметрами идеального газа, находящегося в одном состоянии.

$$pV = \frac{RT}{M} m$$

$$pV = \nu RT$$

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

*Помните:* все единицы измерения следует сразу переводить в единицы СИ.

*Учтите,* что  $1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$ .

#### ЗАДАЧИ

**A27.** Кислород находится в сосуде вместимостью  $0,4 \text{ м}^3$  под давлением  $8,3 \cdot 10^5$



Озон $O_3$ при нагревании превращается в кислород $O_2$	$A/(O_3) = 34ДО)10^{“3}$ кг/моль $M(O_2) = 2A_2 (O) \cdot 10^3$ кг/моль
Открытый сосуд	Постоянны: $V, p_{мм}$
Закрытый сосуд	Постоянны: $m, M, v, V, N, n, p$
Нормальные условия:	Температура $T_0 = 273$ К давление $p_0 = 10^5$ Па
Единицы измерения давления	1 атм = $10^5$ Па

### **ЗАДАЧИ**

1. В баллоне содержится газ под давлением 2,8 МПа при температуре 280 К. Удалив половину молекул, баллон перенесли в помещение с другой температурой. Определите конечную температуру газа, если давление уменьшилось до 1,5 МПа. **(300 К)**
2. В закрытом сосуде находится газ под давлением 500 кПа. Какое давление установится в сосуде, если после открытия крана — массы газа выйдет наружу? **(100 кПа)**
3. Баллон содержит сжатый газ при температуре 300 К и давлении 200 кПа. Каким будет давление в баллоне, когда из него будет выпущено 0,6 массы газа, а температура понизится до 0 °С? **(72,8 кПа)**
4. При температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  идеальный газ количеством вещества 1 моль занимает объём  $V_0$ . Каков объём 2 моль этого газа при давлении  $2 p_0$  и температуре  $2 T_0$ ? **(2  $V_0$ )**
5. В баллоне с воздухом объёмом 5 л давление газа упало от 100 кПа до 50 кПа. Какова масса вытекшего из баллона воздуха, если баллон находится в комнате с температурой 27 °С? Молярная масса воздуха 0,029 кг/моль. **(3 г)**
6. В баллоне содержится газ массой 80 г при температуре 240 К. Какую массу газа нужно удалить из баллона, чтобы при нагревании оставшегося газа до температуры 360 К, давление в баллоне осталось прежним? **(26,7 г)**
7. Из баллона со сжатым водородом вместимостью 10 л вследствие неисправности вентиля вытекает газ. При температуре 7 °С манометр показывает 50 атм. Через некоторое время при температуре 17 °С манометр показал такое же давление. Какая масса газа ушла из баллона? Молярная масса водорода  $2 \cdot 10^3$  кг/моль. **(1,5 г)**

8. Некоторое количество водорода находится при температуре 200 К и давлении 400 Па. Газ нагревают до температуры 10 000 К, при которой молекулы водорода практически полностью распадаются на атомы. Определите



давление газа, если его объём и масса остались без изменения. Молярная масса водорода 0,002 кг/моль. **(40 кПа)**

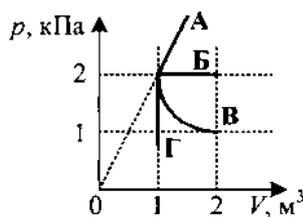
**Как по графику определить, какому изопроцессу соответствует данный участок?**

Если график располагается перпендикулярно некоторой оси, то величина, указанная на ней, сохраняется.

Следует запомнить особые случаи: изотермы в осях  $p, V$  — гиперболы; изобары в осях  $V, T$  — прямые, выходящие из начала координат. Изохоры в осях  $p, T$  — прямые, выходящие из начала координат.

### ЗАДАЧИ

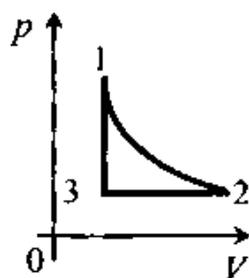
A1. Какой из графиков, изображённых на рисунке, соответствует процессу,



проведённому при постоянной температуре газа?

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г





### Алгоритм решения задачи

1. Определить, какому изопроцессу соответствует каждый участок цикла	$1-2: T = \text{const}$ $2-3: p = \text{const}$ $3-1: V = \text{const}$
2. Указать, характер изменения физических величин	$1-2: T = \text{const}, p \downarrow, V \uparrow$ $2-3: p = \text{const}, V \downarrow, T \downarrow$ $3-1: V = \text{const}, p \uparrow, T \uparrow$
3. Построить оси координат $p, T$ и наметить изолинию, соответствующую первому процессу	
4. Зная, как изменяется давление в первом процессе, указать направление процесса, поставив цифры 1 и 2	
5. Через точку 2 провести следующую изолинию	
6. Определить направление второго процесса	
7. Через точку 3 тоже провести изолинию. В случае необходимости поправьте первую изолинию	

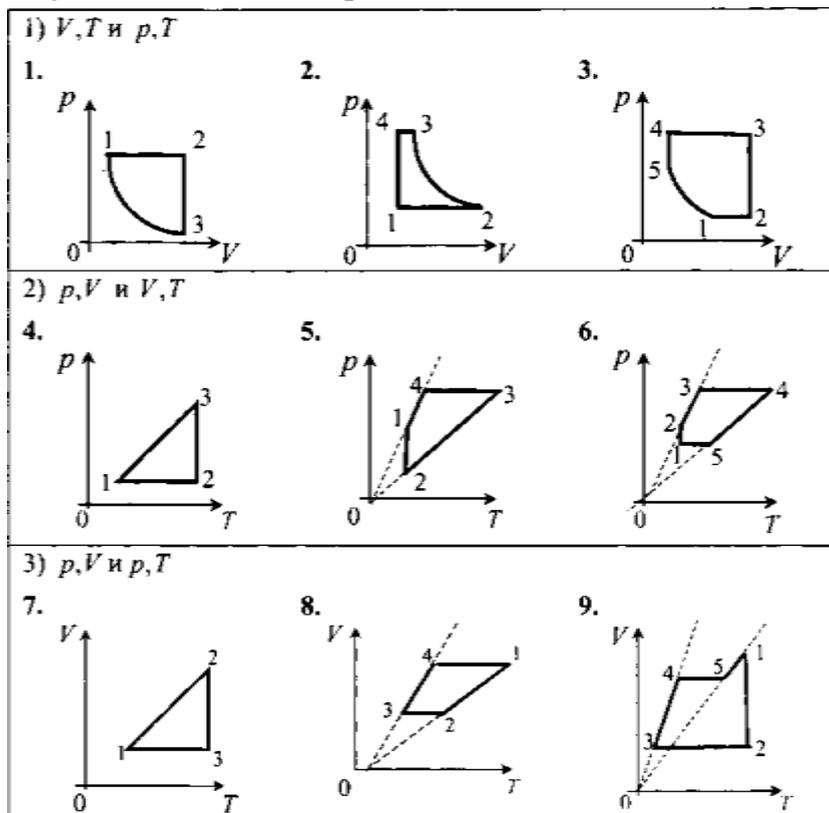
183

### Советы

- Первую изолинию располагайте в центральной части, тогда у вас будет возможность строить следующие изолинии в любом направлении.
- Все построения выполняйте тонкими линиями, тогда вы сможете изменять

длины ранее построенных изопроцессов.

Задание. На рисунках представлены графики замкнутых циклов. Вычертите диаграммы замкнутых циклов в координатах:



## 4. Термодинамика

### Внутренняя энергия идеального газа

**Внутренняя энергия** сосредоточена «внутри» вещества и складывается из потенциальной энергии взаимодействующих молекул (или атомов) и кинетической энергии их движения:

$$U = \sum E_{k0} + \sum E_{p0}$$

где  $\sum E_{k0(v)}$  — кинетическая энергия молекул (атомов), которая зависит от скорости их движения. Она изменяется только при изменении температуры. В процессе агрегатных переходов кинетическая энергия молекул остаётся неизменной;

$\sum E_{p0(r)}$  — потенциальная энергия молекул, которая зависит от промежутков между молекулами. Она изменяется при изменении температуры и объёма. Например, в процессе агрегатных переходов изменяется именно потенциальная энергия молекул.

### Способы изменения внутренней энергии:

- 1) совершение работы (за счёт трения или ударов);

2) испарение (в процессе испарения внутренняя энергия жидкости понижается)

3) теплопередача (приведение в соприкосновение с более холодным или более нагретым телом).

**Виды теплопередачи:** теплопроводность, конвекция, излучение.

**Теплопроводность.** При теплопроводности происходит постепенное увеличение скорости движения молекул. Это возможно только благодаря межмолекулярному взаимодействию, поэтому теплопроводность в твёрдых телах происходит быстрее, чем в жидкостях. В газах она осуществляется ещё медленнее. Для сохранения тепла используют пористые материалы, в которых много воздуха. Воздух — это смесь газов, поэтому он плохо проводит тепло.

*Учтите:* в вакууме теплопроводность невозможна.

**Конвекция.** При конвекции тёплые слои жидкости или газа поднимаются, а холодные опускаются. Конвекция осуществляется в жидкостях и газах.

*Учтите:* в твёрдых телах и в вакууме конвекция невозможна. *Применение конвекции.* Нагреватели следует располагать внизу, а охлаждающие тела вверху.

**Излучение.** Все нагретые тела излучают энергию. Чем больше нагрето тело, тем сильнее излучение. Теплопередача за счёт излучения возможна в любой среде, в том числе и в вакууме.

*Свойства излучения.* Тёмные поверхности хорошо поглощают излучение, но быстро отдают энергию при охлаждении. Зеркальные и светлые поверхности отражают излучение и медленно остывают.

**От чего зависят физические величины,  
входящие в первое начало термодинамики**

Изменение внутренней энергии — от изменения температуры:

$$\Delta U = -\nu R \Delta T .$$

2

Работа газа — от изменения объёма:  $A' = p \Delta V$ .

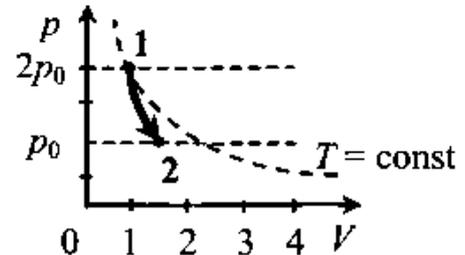
**Первое начало термодинамики для изопроцессов**

Изотермический ( $T = \text{const}$ )	$\Delta U = 0, Q = A'$
Изохорный ( $V = \text{const}$ )	$A' = 0, \Delta U = Q$
Изобарное расширение газа ( $p = \text{const}$ )	$\Delta U = Q - p \Delta V$ $\Delta U = Q - \nu R \Delta T$
Адиабатный ( $Q = 0$ ) (или теплоизолированная система)	$Q = 0, \Delta U = A'$

## ЗАДАЧИ

**A1.** На  $pV$ -диаграмме (см. рис.) показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдаёт 50 кДж теплоты. Работа внешних сил равна

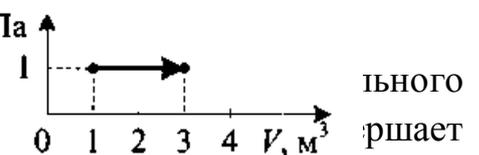
- 1) 0 кДж
- 2) 25 кДж
- 3) 50 кДж
- 4) 100 кДж



**A21.** Идеальный одноатомный газ находится в сосуде с жёсткими стенками объёмом  $0,6 \text{ м}^3$ . При нагревании его внутренняя энергия увеличилась на 18 кДж. На сколько возросло давление газа?

- 1) 10 кПа
- 2) 20 кПа
- 3) 30 кПа

**A22.** На рисунке представлен график зависимости давления идеального одноатомного газа от объёма при адиабатическом процессе. Работа, равную 20 кДж. Внутренняя энергия газа при этом



- 1) не изменилась
- 2) увеличилась на 20 кДж
- 3) уменьшилась на 20 кДж
- 4) уменьшилась на 40 кДж

**A23.** Идеальный одноатомный газ совершает переход из состояния 1 в состояние 2 изобарно. Количество теплоты, подведённое к системе в этом процессе, равно 225 кДж. При этом внутренняя энергия газа

- 1) увеличилась на 315 кДж
- 2) уменьшилась на 225 кДж
- 3) увеличилась на 135 кДж
- 4) уменьшилась на 90 кДж

**A24.** На рисунке представлен график зависимости давления идеального одноатомного газа от объёма при изобарическом процессе. Газ получил 300 кДж теплоты. Внутренняя энергия газа при этом

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась на 100 кДж
- 3) уменьшилась на 200 кДж

## 5. Электростатика

### Закон Кулона

**Закон Кулона** — основной закон электростатики был открыт экспериментально в 1785 г.: два неподвижных точечных заряда в вакууме взаимодействуют друг с другом с силой прямо пропорциональной произведению

модулей зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

$$F_k = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

где  $|q_x|$  (Кл) и  $|q_2|$  (Кл) — модули зарядов,  $r$  (м) — расстояние между зарядами,  $k$  — коэффициент пропорциональности, который численно равен силе взаимодействия между двумя точечными зарядами по 1 Кл, находящимися на

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$$

расстоянии 1 м друг от друга:

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$  — электрическая постоянная.

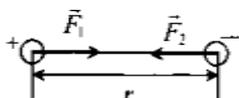
Закон Кулона в среде:

$$F_k = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2},$$

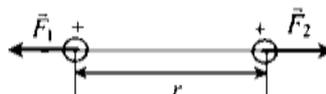
где  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость (табличная величина, показывающая, во сколько раз электрическое взаимодействие в среде уменьшается по сравнению с вакуумом).

Направление силы Кулона зависит от знаков зарядов.

Взаимное притяжение



Взаимное отталкивание  
разноимённых зарядов:



### Подсказки к задачам

Задачи	Подсказки
<p>1. Шарик, имеющий заряд <math>q</math>, приводят в соприкосновение с таким же по размеру, но не заряженным шариком. Затем шарики разводят на расстояние <math>z</math>. Определите силу взаимодействия шариков.</p> <p><b>Ответ:</b></p> $F = \frac{kq^2}{4r^2}$	<p><i>Учтите:</i> при соприкосновении одинаковых проводящих шариков, один из которых заряжен, заряд между шариками поделится поровну:</p> $q'_1 = q'_2 = \frac{q}{2}$

<p>2. Два одинаковых по размеру металлических шарика имеют заряды <math>+q_1</math> и <math>+q_2</math>. Шарики привели в соприкосновение и развели на некоторое расстояние <math>r</math>, после чего сила их взаимодействия оказалась равна <math>F</math>. Определите расстояние <math>r</math>.</p> <p><b>Ответ:</b></p> $r = \frac{ q_1 - q_2 }{2} \sqrt{\frac{k}{F}}$	<p><b>Учтите:</b> при соприкосновении одинаковых проводящих шариков заряды складываются (с учётом знаков) и делятся поровну. Модули зарядов двух шариков:</p> $q'_1 = q'_2 = \frac{ q_1 \pm q_2 }{2}$
---	---

### ЗАДАЧИ

1. Два маленьких одинаковых металлических шарика заряжены положительными зарядами  $q$  и  $5q$  и находятся на некотором расстоянии друг от друга. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменилась сила взаимодействия шариков? **(Увеличилась в 1,8 раза)**
2. Два маленьких одинаковых металлических шарика заряжены разноимёнными зарядами  $+q$  и  $-5q$  и находятся на некотором расстоянии друг от друга. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменился модуль силы взаимодействия шариков? **(Уменьшился в 1,25 раза)**
3. Как изменится модуль силы взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +6$  нКл и  $q_2 = -2$  нКл, если шары привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние? **(Уменьшится в 3 раза)**
4. Два одинаковых металлических шарика заряжены положительными зарядами  $q$  и  $4q$ . Центры шариков находятся на некотором расстоянии друг от друга. Шарики привели в соприкосновение. Во сколько раз необходимо увеличить расстояние между их центрами, чтобы сила взаимодействия осталась прежней? **(В 1,25 раза)**

### Принцип суперпозиции сил и полей

**Принцип суперпозиции сил.** Результирующая (равнодействующая) сила равна векторной сумме всех сил, действующих на тело:

$$\vec{R} = \Sigma \vec{F}_i, \text{ где } F_i = \frac{kq_i q}{r_i^2}$$

**Алгоритм решения задач на определение равнодействующей силы** (точечный заряд находится в поле, созданном другими точечными зарядами)

1. Сделать чертёж, указать расположение всех зарядов и их знаки.
2. Выделить заряд, для которого определяют равнодействующую.
3. Пронумеровать остальные заряды.
4. Определить расстояния от выделенного заряда до всех остальных.
5. Построить все силы, действующие на интересующий нас заряд, при этом необходимо учитывать знаки зарядов, их модули и расстояния между зарядами.
6. Найти геометрическую (векторную) сумму всех сил, действующих на выделенный заряд.
7. Пользуясь формулами геометрии и законом Кулона, определить модуль равнодействующей.

**Принцип суперпозиции полей.** Если в некоторой точке пространства накладываются электрические поля от нескольких зарядов, то результирующая напряжённость находится как векторная сумма напряжённостей отдельных полей:

$$\vec{E} = \Sigma \vec{E}_i, \text{ где } E_i = \frac{kq_i}{r_i^2}$$

*Совет.* Векторное сложение напряжённостей аналогично нахождению равнодействующей сил Кулона, только в интересующую точку пространства всегда помещают «+» пробный заряд. Чтобы найти результирующий потенциал в точке, необходимо *алгебраически* сложить потенциалы всех полей.

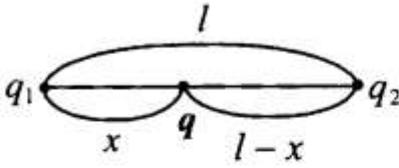
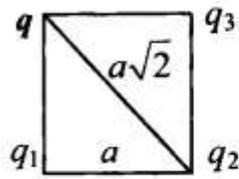
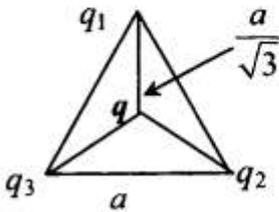
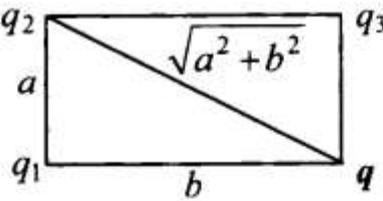
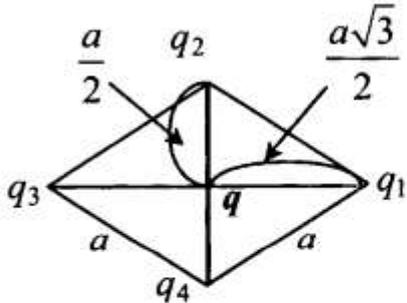
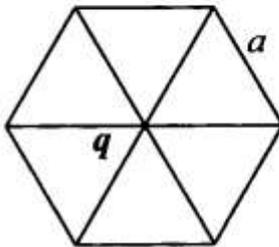
*Учтите,* что знак потенциала определяется знаком заряда, создающим электрическое поле:

$$\varphi = \Sigma \varphi_i, \text{ где } \varphi_i = \pm \frac{kq_i}{r_i}$$

Для определения полной энергии надо сложить потенциальные энергии всех пар зарядов:

$$W_p = \Sigma W_{ip}, \text{ где } W_{ip} = \pm \frac{kq_i q_n}{r_i}$$

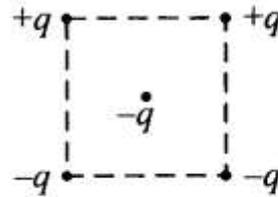
### Примеры определения расстояний

<p>Два заряда лежат на одной прямой на расстоянии <math>l</math> друг от друга. Изучаемый заряд лежит между ними: <math>r_1 = x</math>; <math>r_2 = l - x</math></p>	
<p>Изучаемый заряд лежит в вершине квадрата со стороной <math>a</math>: <math>r_1 = r_3 = a</math>, <math>r_2 = a\sqrt{2}</math></p>	
<p>Изучаемый заряд лежит в центре равностороннего треугольника со стороной <math>a</math>: <math>r_1 = r_2 = r_3 = \frac{a}{\sqrt{3}}</math></p>	
<p>Изучаемый заряд лежит в вершине прямоугольника со сторонами <math>a</math> и <math>b</math>: <math>r_1 = b</math>; <math>r_2 = \sqrt{a^2 + b^2}</math>; <math>r_3 = a</math></p>	
<p>Изучаемый заряд лежит в точке пересечения диагоналей ромба со стороной <math>a</math>. Угол при вершине ромба <math>120^\circ</math>: <math>r_1 = r_3 = \frac{a\sqrt{3}}{2}</math>; <math>r_2 = r_4 = \frac{a}{2}</math></p>	
<p>Изучаемый заряд лежит в центре правильного шестиугольника со стороной <math>a</math>: <math>r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = a</math></p>	

## ЗАДАЧИ

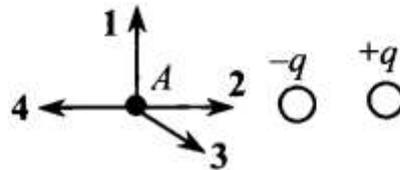
Как направлена кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на отрицательный точечный электрический заряд, помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ ,  $-q$ ?

- 1)  $\rightarrow$
- 2)  $\leftarrow$
- 3)  $\uparrow$
- 4)  $\downarrow$



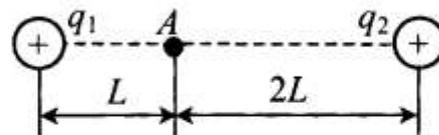
На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов  $-q$  и  $+q$ . Направлению вектора напряжённости электрического поля этих зарядов в точке  $A$  соответствует стрелка

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



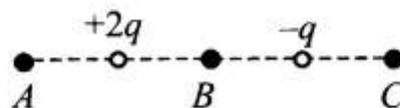
Два точечных положительных заряда  $q_1 = 200$  нКл и  $q_2 = 400$  нКл находятся в вакууме. Определите величину напряжённости электрического поля этих зарядов в точке  $A$ , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии  $L$  от первого заряда и на расстоянии  $2L$  от второго заряда.  $L = 1,5$  м.

- 1) 1200 кВ/м
- 2) 1200 В/м
- 3) 400 кВ/м
- 4) 400 В/м



На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов  $+2q$  и  $-q$ . Модуль вектора напряжённости электрического поля этих зарядов минимален

- 1) в точке  $A$
- 2) в точке  $B$
- 3) в точке  $C$
- 4) в точках  $A$  и  $B$





## Список использованной литературы

1. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения : Пособие для учителя / В.А. Балаш. – М.: Просвещение, 2011. – 432 с.
2. Гладкова Р.А. Сборник задач и вопросов по физике. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений / Р.А.Гладкова, В.Е. Добронравов, Л.С. Жданов, Ф.С Цодиков.– М.: Наука, 2010. – 384 с.
3. Громцева О.И. Физика ЕГЭ. Полный курс –М.: Экзамен, 2015–367 с.
4. Енохович А.С. Справочник по физике и технике : учеб.пособие для учащихся / А.С. Енохович. - М.: Высшая школа,2011. - 255 с.
5. Жданов Л.С. Физика: учебник для средних специальных учебных заведений / Л.С. Жданов, Г. Л. Жданов, - М.: Наука, 1987. – 512 с.
6. Пинский А.А., Граковский Г.Ю. Физика: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Под общ. ред. Ю.И. Дика, Н.С. Пурьшевой. - М.: ФОРУМ: ИНФРА. - М., 2011.- 560 с.
7. Рымкевич А.П. Физика. Задачник. 10 – 11 кл.: Пособие для общеобразоват. учеб.заведений / А.П. Рымкевич. – М.: Дрофа, 2012. – 192 с.
8. Савченко Н.Е.Задачи по физике с анализом их решения / Н.Е. Саченко. - 2-е изд. – М.: Просвещение, 2011. – 320 с.
9. Степанова Г.Н. Сборник задач по физике: Для 10 – 11, общеобразоват. учреждений / Сост. Г.Н. Степанова. - 10-е изд. – М.: Просвещение, 2012. - 288 с.

Намжилма Батожаргаловна Цырендылыкова

Методические рекомендации  
Учебное пособие

Подписано в печать 19.09.2015

Формат 60 \*84 сл. печ. л 2.3

Тираж 15 экз. Заказ. №21

Отпечатано БЛПК г.Улан-Удэ

(место издания, адрес)