

Решение олимпиадных задач по физике

Сидоров А.В. доцент
кафедры физики,
радиотехники и
электроники ЕГУ им. И.А.
Бунина

Олимпиады по физике

- Главная задача олимпиад заключается в выявлении и развитии талантливых обучающихся, повышении интереса к изучению физики.
- Наши учащиеся не очень хорошо решают нестандартные задачи. Одной из причин является отсутствие в школах специальной системы подготовки учащихся к олимпиадам по физике. Подготовка к олимпиадам по физике должна быть специальной, долгосрочной, системной и отличной от школьных занятий, как по программе, так и по методам обучения.

Этапы и особенности работы по подготовке к олимпиадам по физике:

1. Работа с 7-классниками начинается с выявления учеников с математическими способностями.
2. Развитие мотивации учения («Эвристические уроки», «Час экспериментальной физики», «Клуб любителей физики» и др.).
3. Организация дополнительной работы с одаренными учащимися (2-3 часа в неделю, в дни каникул).
4. Дополнительная работа с одаренными учащимися должна быть долгосрочной.
5. Форма дополнительных занятий – индивидуальная.
6. Программа подготовки учащихся к олимпиадам должна быть комплексной (решение задач по физике требует очень глубоких знаний математики. Все проводимые олимпиады по физике показывают, что учащиеся не справляются с математической частью физических задач, в особенности, если требуется знание геометрии или тригонометрии).

Основные методы решения олимпиадных физических задач

1. Рациональный выбор системы отсчета и системы координат.

<http://fizportal.ru/olympiads-method-2-1>

2. Принцип симметрии в задачах по физике.

<http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/6684/1/2640-2643.pdf>

<https://pedportal.net/starshie-klassy/fizika/ispolzovanie-principa-simmetrii-pri-reshenii-zadach-po-elektrostatike-389029>

3. Векторный метод.

<https://znanio.ru/pub/317>

4. Метод размерностей.

<https://infourok.ru/reshenie-fizicheskikh-zadach-metodom-razmernosti-697872.html>

5. Метод электрических изображений.

[http://www.physbook.ru/index.php/Kvant. Метод электростат. изображений](http://www.physbook.ru/index.php/Kvant.Метод_электростат._изображений)

6. Оценочный метод.

<https://pandia.ru/text/80/423/26014.php>

7. Графические методы решения задач.

[http://perspektiva.beluo31.ru/wp-content/uploads/2020/05/Ладных-МС Графический-метод-решения-задач-по-физике_методическое-пособие.pdf](http://perspektiva.beluo31.ru/wp-content/uploads/2020/05/Ладных-МС_Графический-метод-решения-задач-по-физике_методическое-пособие.pdf)

8. Дифференциальный метод (разбиение на бесконечно малые элементы).

<https://infourok.ru/metodika-resheniya-fizicheskikh-zadach-s-pomoschyu-elementov-visshey-matematiki-1960083.html>

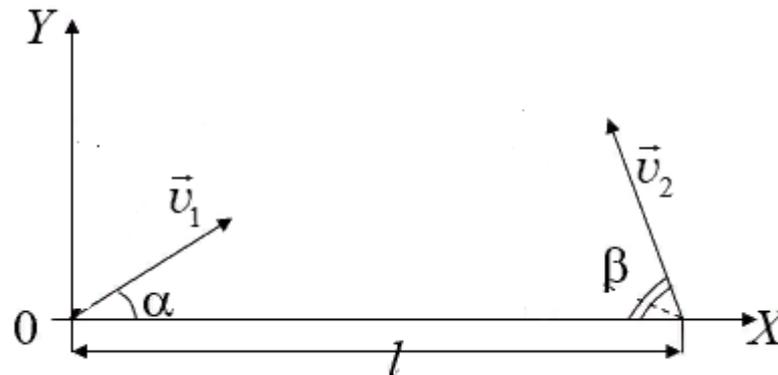
9. Интегральный метод (суммирование бесконечно малых элементов).

Рациональный выбор системы отсчета и системы координат

1. Для описания всевозможных явлений природы необходимо выбирать систему отсчета, зависящую от цели исследования.
2. В кинематике все системы отсчета равноправны, так как нас не интересует, какие силы обеспечивают данные параметры движения.
3. В задачах динамики преимущественную роль играют, как правило, инерциальные системы отсчета, по отношению к которым уравнения движения имеют наиболее простой вид.
4. Ныне за эталон в физике принята инерциальная система, в которой изотропно (от «изос» – одинаковый и «тропос» – направление) реликтовое излучение (от «реликт» – остаток).
5. Удобно также использовать иногда и другие системы, руководствуясь принципом целесообразности, который можно легче понять на конкретных примерах.

Задача 1

- Из двух портов, расстояние между которыми l , одновременно выходят два катера со скоростями v_1 и v_2 , направленными соответственно под углами α и β к прямой соединяющей порты. Каково минимальное расстояние между ними?



Традиционное решение задачи 1

Приведем вначале план традиционного решения. Расстояние между катерами определим по формуле

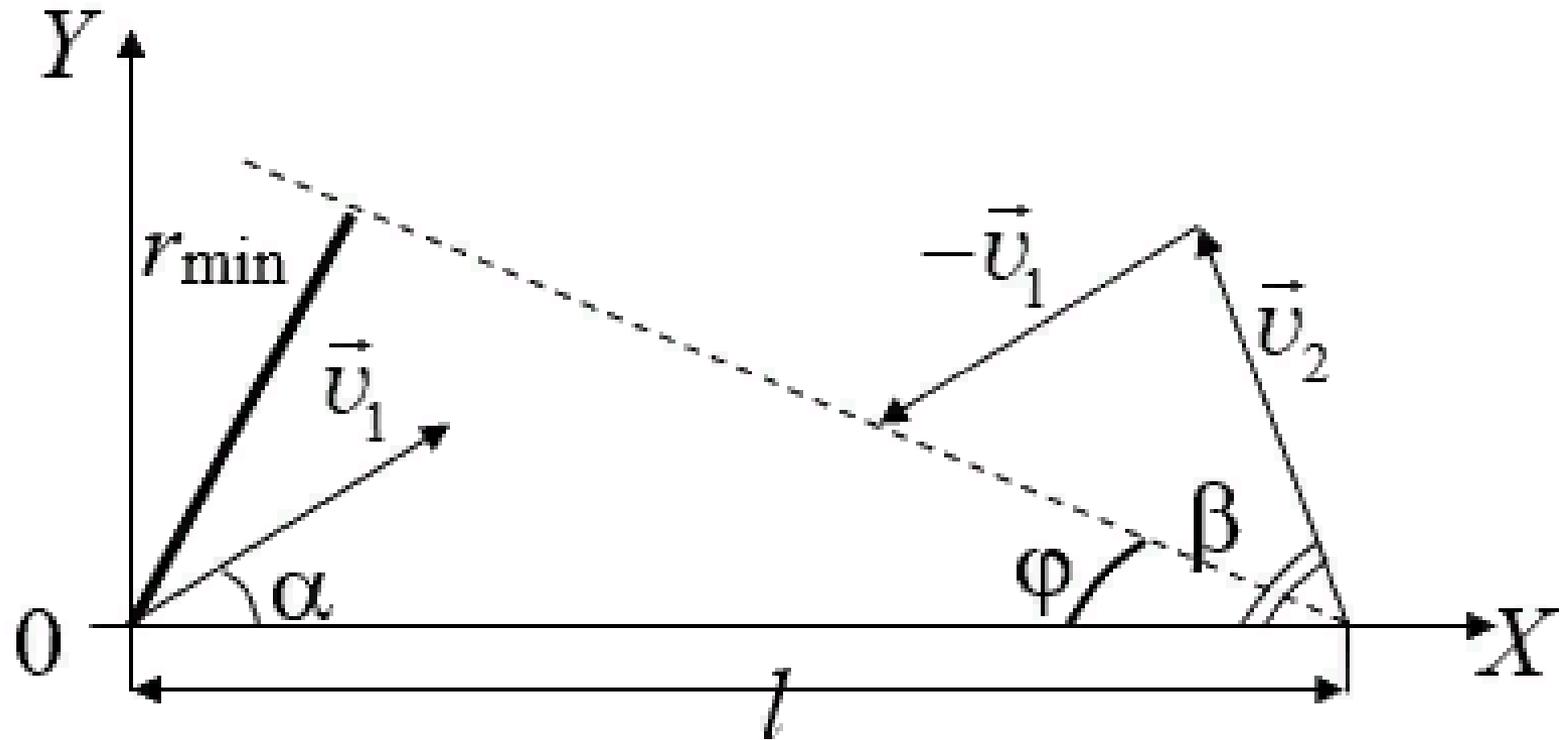
$$r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}.$$

Или

$$r = \sqrt{(l - (v_2 \cos \beta + v_1 \cos \alpha)t)^2 + (t(v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha))^2}.$$

Далее, необходимо, найдя производную и приравняв ее к нулю, подставить найденное таким образом время (минимальное) в исходное уравнение и получить значение r_{min} . Очевидно, что этот путь решения достаточно громоздкий.

Пояснение к задаче 1



Решение задачи 1 в рационально выбранной системе отсчета

Свяжем неподвижную систему отсчета с первым катером. Тогда второй будет иметь скорость

$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1,$$

направленную под углом φ и численно равную

$$v_{21} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2\cos(\alpha + \beta)}.$$

Очевидно, что

$$r_{\min} = l \sin \varphi.$$

Найдем $\sin \varphi$ из $v_{21} \sin \varphi = v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha$.

Окончательно

$$r_{\min} = \frac{l(v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha)}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2\cos(\alpha + \beta)}}.$$

Задача 2. Использование СОЦМ

- Рассмотрите упругий удар в системе центра масс.



Задача 2. Использование СОЦМ

Центр масс в СОЦМ неподвижен. Напомним, что относительно ЛСО (системы отсчета, связанной с неподвижным наблюдателем) на основании теоремы о движении центра масс его скорость:

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}.$$

Закон сохранения энергии и импульса в СОЦМ:

$$m_1 v_{1ц} + m_2 v_{2ц} = m_1 v'_{1ц} + m_2 v'_{2ц}$$

$$m_1 v_{1ц}^2 + m_2 v_{2ц}^2 = m_1 v'^2_{1ц} + m_2 v'^2_{2ц}$$

Полученная система имеет два решения.

1) $v_{1ц} = v'_{1ц}, v_{2ц} = v'_{2ц}$ - удар отсутствует;

2) $v_{1ц} = -v'_{1ц}, v_{2ц} = -v'_{2ц}$ - в системе центра масс столкновение приводит к изменению знака скорости.

Перейдем в ЛСО:

$$v_{1ц} = v_1 - v, v_{2ц} = v_2 - v \text{ и } v'_{1ц} = v'_1 - v, v'_{2ц} = v'_2 - v$$

где

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}.$$

Рождение элементарных частиц

Известно, что γ -кванты могут рождать пары частиц: электрон и позитрон.

А может ли этот процесс рождения происходить с одним квантом?

- Для того, чтобы ответ стал очевидным, воспользуемся СОЦМ. В этой системе суммарный импульс электрона и позитрона равен нулю (так как массы частиц одинаковы, то центр масс всегда находится посередине).
- В тоже время импульс γ -кванта, из которого родились частицы, отличен от нуля, так как в любой системе отсчета он движется со скоростью света. Поэтому закон сохранения импульса «запрещает» такой процесс. Он может происходить при столкновении, например, двух γ -квантов или, когда есть еще другие частицы, которым передается лишний импульс. Аналогично, по принципу обратимости, при аннигиляции их должно происходить парное рождение γ -квантов. Как видим, в системе отсчета центра масс просто и удобно исследовать процессы ядерной физики и физики элементарных частиц. Фундаментальные законы наглядно «накладывают» запреты на невозможное.

Задача 3. Использование СОЦМ

Два электрона находятся на бесконечно большом расстоянии один от другого, причем один покоится, другой имеет скорость v , направленную к первому. На какое наименьшее расстояние они сблизятся?

В СОЦМ оба электрона движутся навстречу друг другу со скоростью $\frac{v}{2}$.

Из закона сохранения энергии:

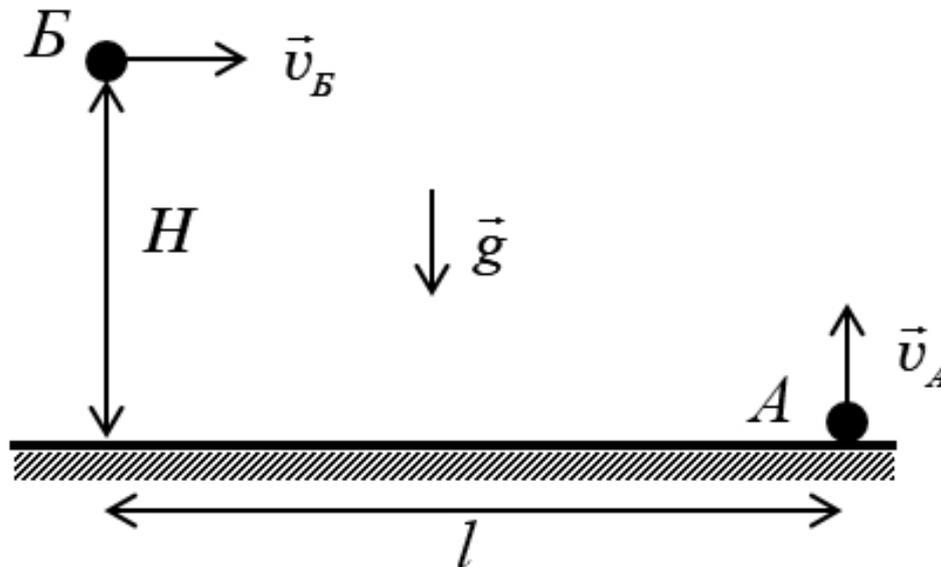
$$\frac{2m(v/2)^2}{2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_{\min}^2}.$$

Отсюда находим

$$r_{\min} = \frac{e^2}{\pi\epsilon_0 mv^2}.$$

Задача 4

- Тело A бросают вертикально вверх со скоростью v_A . На какой высоте H находится тело B , которое, будучи брошенным с горизонтальной скоростью v_B одновременно с телом A , столкнулось с ним в полете? Расстояние по горизонтали между исходными положениями тел равно l . Найти также время движения тел до столкновения.

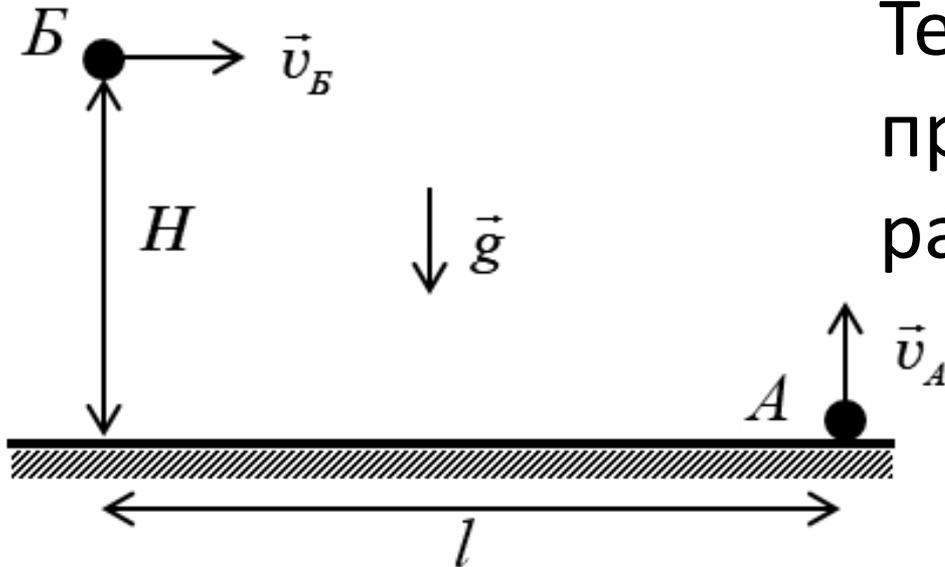


Задача 4 Решение

- Для решения задач на столкновение двух падающих тел систему отсчета выбирают по методу «падающего лифта». Представим себе, что мы находимся в свободно падающем лифте. Тогда все тела, брошенные нами внутри этого лифта, будут двигаться прямолинейно и равномерно.

Задача 4 Решение

- Поместим всю систему в падающий лифт. Здесь столкновение тел произойдет на высоте H . Тело B пролетит за время t расстояние l : $t = \frac{l}{v_B}$.



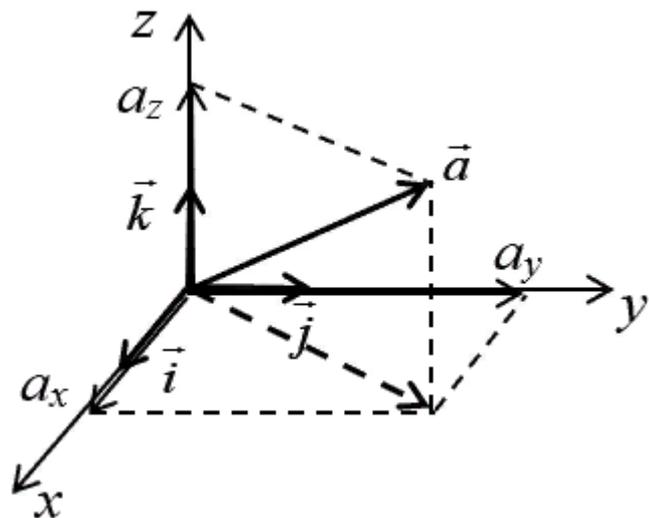
Тело A до столкновения преодолет расстояние H :

$$H = v_A t = \frac{v_A}{v_B} \cdot l.$$

Физический закон в векторной форме не зависит от выбора системы координат

Рассмотрим вектор \vec{a} , который в декартовых прямоугольных координатах запишется как

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}.$$

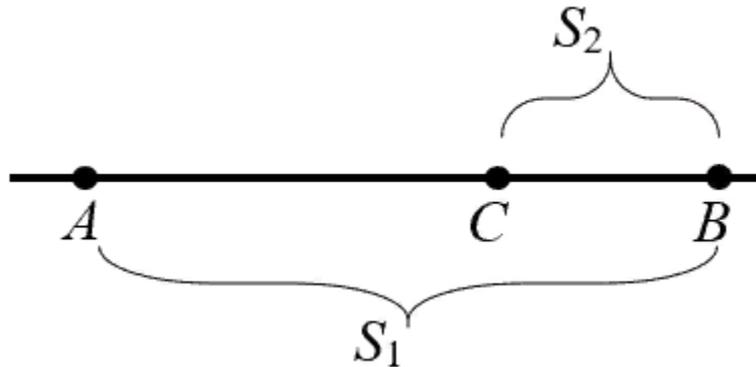


При переходе к любой другой декартовой системе координат \vec{a} сохраняется, поскольку это диагональ параллелепипеда. Говорят, что вектор \vec{a} инвариантен по отношению к переносу начала и повороту координатных осей.

$\vec{a} = \vec{b}$. Оно означает, что $a_x = b_x; a_y = b_y; a_z = b_z$.

Задача 5

- Плот и моторная лодка одновременно начинают движение из пункта A . Лодка проходит путь $AB = S_1$ за время t и возвращается обратно. На расстоянии $BC = S_2$ лодка встречает плот. Найти скорость течения и собственную скорость лодки.



Задача 5

1. Система отсчета «земля». Система двух уравнений с двумя неизвестными дает возможность найти u и v .

$$\frac{S_1}{v+u} = t;$$

$$\frac{S_2}{v-u} + t = \frac{S_1 - S_2}{u}.$$

2. Система отсчета «плот». В этой системе отсчета плот и вода покоятся, а лодка относительно плота имеет собственную скорость v , за счет которой она в течение времени t удаляется от плота и, очевидно, такое же время к нему приближается:

$$v = \frac{S_1 + S_2}{2t}.$$

$$u = \frac{S_1 - S_2}{2t}.$$

За это же время плот проходит расстояние $S_1 - S_2$