ЭФФЕКТИВНАЯ ПОДГОТОВКА К ЕГЭ

ЕГЭ

2018

Н. И. Зорин

ФИЗИКА

СДАЕМ БЕЗ ПРОБЛЕМ!

ПОЛУЧИ ВЫСШИЙ БАЛЛ НА ЕГЭ! * ПОЛУЧИ ВЫСШИЙ БАЛЛ НА ЕГЭ! *

ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА

МОСКВА
2017

УДК 373:53
ББК 22.3я721
З-86

Зорин, Николай Иванович.

З-86 ЕГЭ 2018. Физика. Сдаем без проблем! / Н. И. Зорин. — Москва : Эксмо, 2017. — 224 с. — (ЕГЭ. Сдаем без проблем).

ISBN 978-5-699-97830-4

Издание содержит задания разных типов по всем темам, проверяемым на ЕГЭ по физике, а также решение задач повышенного уровня сложности.

Издание окажет неоценимую помощь учащимся при подготовке к ЕГЭ по физике, а также может быть использовано учителями при организации учебного процесса.

УДК 373:53
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-699-97830-4

Введение

Настоящее пособие предназначено для выпускников школ и учителей, занимающихся подготовкой учащихся к ЕГЭ. С его помощью учащиеся 11-х классов могут проконтролировать уровень усвоения того или иного раздела школьной программы, потренироваться в выполнении заданий различной сложности.

Цель пособия — углубить и расширить понимание физики будущими абитуриентами и научить их активно применять физические законы к решению конкретных задач.

Данное пособие подготовлено на основе большого практического опыта, накопленного автором при работе с абитуриентами, при подготовке к выпускным экзаменам в форме ЕГЭ, что позволило выявить наиболее сложные для понимания школьниками вопросы физики.

Главное внимание уделено важнейшим физическим явлениям и физическим законам. Нельзя дать рецепта для решения всех задач по физике, можно только научить грамотному подходу к задаче, который позволит найти ее решение. В пособии предложены основные формулы по всем разделам физики, что поможет ориентироваться при решении задач. К каждому разделу приводятся примеры решения заданий с кратким и развернутым ответом разного уровня сложности. Подробно разбираются задачи, которые наиболее часто встречаются на экзаменах. Предлагается самостоятельно решить задание и сравнить с предложенным решением.

Выполнение заданий с кратким и развернутым ответом требует применение знаний сразу из двух-трех разделов физики, т.е. высокого уровня подготовки школьников. Эти задания отражают уровень требований к вступительным экзаменам в вузы. Включение в экзаменационную работу сложных заданий разной трудности позволяет дифференцировать учащихся при отборе в вузы с различными требованиями к уровню подготовки. Главная цель экзамена по физике — проверка знания учащимся школьного курса физики, умения использовать эти знания для решения задач и объяснения различных физических явлений. Рассмотрим основные рекомендации по выполнению заданий и характерные ошибки.

Решение и анализ задач позволяют понять и запомнить основные законы и формулы физики, создают представление об их характерных особенностях и границах применения. Задачи развивают навык в использовании общих законов материального мира для решения конкретных вопросов, имеющих практическое значение. Таким образом, умение решать задачи является одним из важных критериев оценки глубины усвоения программного материала.

Решение большинства физических задач можно разделить на четыре этапа.

1. Анализ условия задачи и его наглядная интерпретация схемой или чертежом.

На этом этапе следует уяснить физическое содержание задачи, понять, какие процессы и явления включены в ее условие.

Ознакомившись с условием задачи, не следует пытаться сразу найти искомую величину. Необходимо помнить, что ближайшая цель решения состоит в том, чтобы свести задачу от физической к математической, записав ее условие при помощи формул. Для этого нужно четко представить себе физическое явление, о котором говорится в условии задачи, установить, какие законы физики лежат в основе данного явления, вспомнить математическое выражение этих законов.

Чтобы хорошо понять условие задачи, необходимо сделать схематический чертеж, где, хотя бы условно, указать все величины, характеризующие данное явление. Если при этом окажется, что для полного описания явления надо использовать величины, не фигурирующие в условии задачи, их нужно ввести в решение самим, так как в большинстве случаев без них невозможно найти связь между искомыми и заданными величинами.

Сделав чертеж, следует еще раз прочитать условие задачи и отметить, какие из величин, указанных на чертеже, даны и какие требуется найти. Все известные величины — их числовые значения и наименования — выписываются обычно в колонку.

2. Составление алгебраических уравнений, связывающих физические величины, которые характеризуют рассматриваемое явление с количественной стороны.

На втором этапе с помощью физических законов и формул необходимо установить математическую связь между всеми величинами, введенными в решение при символическом описании рассматриваемого явления. В результате получится одно или несколько уравнений, включающих в себя как заданные, так и неизвестные величины, — физическая задача сводится к математической. При этом особое внимание следует обратить на векторный характер ряда величин, входящих в формулы физики. Для полного определения этих величин необходимо учитывать не только их числовое значение, но и направление. При этом всегда нужно помнить, что числовое значение и направление — это две неотъемлемые характеристики любого вектора. Если происходит изменение векторной величины, то это значит, что меняется или ее числовое значение, или направление, или то и другое вместе. Векторные величины равны только в том случае, если их числовые значения и направления одинаковы.

3. Совместное решение полученных уравнений относительно искомой величины.

Прежде чем решать составленную систему уравнений, полезно убедиться в том, что число неизвестных равно числу уравнений, иначе система не будет иметь определенного решения. В том случае, если число неизвестных величин превышает число уравнений, приходится искать дополнительные уравнения. Дополнительные уравнения могут выражать такие условия, как: следствия, вытекающие из стандартных упрощающих допущений (например, допущение о невесомости нитей и блоков); связи между движениями, которые указаны в задаче; особые свойства отдельных видов сил (упругости, трения, тяготения); разного рода геометрические соотношения, указанные в задаче. Третий этап заканчивается повторной проверкой полученной системы уравнений и решением этой системы.

Решение системы уравнений нужно начинать с исключения тех неизвестных величин, которые не требуется находить по условию задачи, и следить за тем, чтобы при каждом алгебраическом действии число неизвестных уменьшалось.

4. Анализ полученного результата и числовой расчет.

Получив ответ в общем виде, следует проверить правильность расчетных формул по наименованию. Для этого в расчетные формулы вместо входящих в них физических величин подставляют их единицы измерения и проводят с ними действия, с тем чтобы убедиться, что результат получается в единицах измерения искомой величины в принятой системе. Несоблюдение этого условия (оно необходимо, но недостаточно) свидетельствует об ошибке, допущенной в ходе решения. Установив наименование искомой величины, можно приступать к действиям с числами. Все расчеты необходимо проводить в Международной системе единиц (СИ). Проводя арифметические расчеты, следует пользоваться правилами приближенных вычислений, позволяющими во многих случаях сэкономить время, не нанося никакого ущерба точности. Эти правила излагаются в руководствах по элементарной математике.

5. Требования к оформлению работы.

О ваших знаниях будут судить по тому, ЧТО написано в работе и КАК написано.

Работа должна быть аккуратной. Ответу на каждый пункт задания должно быть выделено определенное место. Проверяющему должно быть понятно, где заканчивается одна задача и начинается другая. То есть между задачами должен быть некоторый интервал. Текст задания переписывать не нужно, надо лишь кратко указать, что дано в условии задачи.

При решении многих задач необходимо сделать рисунок. Рисунок первичен. Рисунок помогает понять, что рассматривается в задании, и найти путь к решению задачи.

- В задачах по механике на рисунке необходимо показать все данные в задании параметры: силы, скорости, ускорения, направления движения или вращения тел, реакции связей, направления сил (силы трения скольжения, например), возникающих в процессе движения тел, и т.д.
- В задачах по термодинамике необходимо указать на графиках процессов температуру в разных точках процессов, выделить участки, на которых подводится и отводится тепло, графически указать работу, совершаемую в процессе (вы знаете, что это площадь под графиком в координатах P-V).
- В задачах по электродинамике указать знаки зарядов, направление силовых линий, знаки зарядов на обкладках конденсаторов, направление токов в цепях и направление сторонних сил в источниках ЭДС.

- Если речь идет об оптике, то аккуратно изобразить ход лучей в оптических системах, положение фокусов, при необходимости построить изображение предмета.

Решение задач по физике требует пояснений. Оно сопровождается неким текстом, в котором необходимо по ходу решения указать, какие явления рассматриваются в этой задаче, основываясь на каких законах строится ее решение. После этого, например в задачах по механике, записываются уравнения движения тел (второй закон Ньютона) в векторной форме. В случае необходимости выбирается система координат и записываются уравнения движения в проекциях на оси координат[1]. В результате получается система уравнений, решение которой приводит к ответу. Желательно проверить полученную формулу по наименованию. Подставить числовые значения, если необходимо, и получить числовой ответ, указав наименование искомой величины. Если нет специальных указаний, результат записывается в единицах СИ. Закончить решение задачи необходимо словом «Ответ», привести его в виде конечной формулы и отдельно в виде числа с указанием наименования.

Желаем успехов!

---

[1] При выполнении действий с векторными величинами необходимо использовать математические правила работы с векторными величинами и их проекциями.

КИНЕМАТИКА

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С КРАТКИМ И РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

1. От пристани C к пристани T по реке плывет со скоростью $u_1=3$ км/ч относительно воды весельная лодка. От пристани T по направлению к пристани C одновременно с лодкой отходит катер, скорость которого относительно воды $u_2=10$ км/ч. За время движения лодки между пристанями катер успевает пройти это расстояние 4 раза и прибывает к T одновременно с лодкой. Определить направление течения реки.

Решение

Допустим, что течение реки направлено от пристани T к пристани C. В этом случае время, затраченное весельной лодкой на движение от пристани C к пристани T, будет составлять: $t=\dfrac{S}{(u_1-u)}$, где S — расстояние между пристанями C и T; v — скорость течения реки.

Определим время четырехкратного движения катера между пристанями: $t=t_1+t_2=2\left(\dfrac{S}{u_2+u}+\dfrac{S}{u_2-u}\right)$, где $t_1=\dfrac{S}{u_2+u}$ — время движения катера между пристанями по течению реки; $t_2=\dfrac{S}{u_2-u}$ — время движения катера между пристанями против течения реки.

Из условия равенства времени движения лодки и катера следует:

$$\frac{S}{u_1-u}=2\left(\frac{S}{u_2+u}+\frac{S}{u_2-u}\right);$$

$$\frac{1}{u_1-u}=2\frac{u_2-u+u_2+u}{u^2{}_2-u^2}=\frac{4u_2}{u^2{}_2-u^2};$$

$$u^2{}_2-u^2=4u_1u_2-4u_2u;\;\; u^2-4u_2u-u^2{}_2+4u_1u_2=0.$$

Получено приведенное квадратное уравнение относительно u. Решим его.

$$u=2u_2\pm\sqrt{4u^2{}_2-4u_1u_2+u^2{}_2}=2u_2\pm\sqrt{5u^2{}_2-4u_1u_2};$$

$$u=2\cdot 10\pm\sqrt{5\cdot(10)^2-4\cdot 3\cdot 10}=20\pm\sqrt{380}=20\pm 19{,}5;$$

$$u'=20+19{,}5=39{,}5\text{ (км/ч)};\; u''=20-19{,}5=0{,}5\text{ (км/ч)}.$$

Условию задачи удовлетворяет только значение $u=0{,}5$ км/ч, т.к. при скорости течения реки $u=39{,}5$ км/ч ни катер, ни тем более лодка не в состоянии двигаться против течения реки относительно берегов.

Поскольку значение u положительно, можно сделать вывод о том, что выбранное нами направление течения реки совпадает с истинным.

2. Из Москвы в Пушкино с интервалом $\Delta t=10$ мин вышли два электропоезда со скоростью $v_1=30$ км/ч. С какой скоростью v_2 двигался поезд, идущий в Москву, если он повстречал эти электропоезда через промежуток времени $\tau=4$ мин один после другого?

Решение

Свяжем систему отсчета с землей. Начало отсчета совместим с Москвой. Через отрезок времени Δt первый электропоезд удалится от Москвы на расстояние $S=v_1\Delta t$. Два электропоезда в дальнейшем неподвижны друг относительно друга, т.к. движутся относительно земли с одинаковой скоростью v_1. Значит, остается неизменным и расстояние S между электропоездами. В системе отсчета, связанной со вторым электропоездом, первый электропоезд, отстоящий от него на расстоянии S, покоится, а поезд, движущийся из Пушкино в Москву, имеет скорость, равную сумме скорости v_1 электропоездов и скорости v_2 самого поезда относительно земли: $v=v_1+v_2$. Время движения поезда от первого электропоезда до второго в системе отсчета, связанной со вторым электропоездом, составляет $\tau=\frac{S}{v_1+v_2}=\frac{v_1\Delta t}{v_1+v_2}$.

Отсюда $(v_1+v_2)=v_1\Delta t$; $v_1+v_2=v_1\Delta t$;

$$v_2=v_1(\Delta t-\tau)\Rightarrow v_2=\frac{v_1(\Delta t-\tau)}{\tau};\quad v_2=v_1\left(\frac{\Delta t}{\tau}-1\right).$$

Вычислим результат:

$$v_2=30\left(\frac{1\cdot 15}{6\cdot 1}-1\right)=30\left(\frac{5}{2}-1\right)=45\ \text{(км/ч)};$$

$$\Delta t=10\ \text{мин}=\frac{1}{6}\ \text{ч};\quad \tau=4\ \text{мин}=\frac{1}{15}\ \text{ч}.$$

3. Автомобиль, трогаясь с места, едет с ускорением a_1. Достигнув скорости v, он некоторое время едет равномерно, а затем тормозит с ускорением a_2 до остановки. Найти время t движения автомобиля, если он прошел путь S.

Решение

Напишем выражения для пути S_1, S_2 и S_3, пройденного автомобилем при разгоне, равномерном движении и торможении до остановки.

$S_1=\frac{a_1 t^2{}_1}{2}=\frac{a_1 t_1\cdot t_1}{2}=\frac{vt_1}{2}$, где $v=a_1 t_1$ — мгновенная скорость автомобиля в конце участка разгона.

$S_2=vt_2=a_1 t_1 t_2$, где v — скорость движения автомобиля на втором участке.

$$S_3=vt_3-\frac{a_2 t^2{}_3}{2}=a_1 t_1 t_3-\frac{a_2\cdot t_3\cdot t_3}{2}=a_1 t_1 t_3-\frac{a_1 t_1 t_3}{2}=\frac{a_1 t_1 t_3}{2}=\frac{vt_3}{2},$$

где v — начальная скорость автомобиля на третьем участке.

При выводе выражения для S_3 были использованы следующие соотношения для участка торможения: $0 = v - a_2t_3 \Longrightarrow a_2t_3 = v = a_1t_1$.

Тогда $S = S_1 + S_2 + S_3 = \frac{vt_1}{2} + vt_2 + \frac{vt_3}{2} = \frac{v}{2}(t_1 + 2t_2 + t_3)$;

$$t_1 + 2t_2 + t_3 = \frac{2S}{v}; \quad t_1 = \frac{v}{a_1}; \quad t_3 = \frac{v}{a_2}.$$

Отсюда $\frac{2S}{v} = \frac{v}{a_1} + 2t_2 + \frac{v}{a_2} = \frac{v(a_1 + a_2)}{a_1a_2} + 2t_2$;

$$2t_2 = \frac{2S}{v} - \frac{v(a_1 + a_2)}{a_1a_2}; \quad t_2 = \frac{S}{v} - \frac{v(a_1 + a_2)}{2a_1a_2}.$$

Окончательно получаем:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{v}{a_1} + \frac{S}{v} - \frac{v(a_1 + a_2)}{2a_1a_2} + \frac{v}{a_2};$$

$$t = \frac{S}{v} + \frac{v}{2a_2} + \frac{v}{2a_1}.$$

4. Тело, имея некоторую начальную скорость, движется равноускоренно. За время t тело прошло путь S, причем его скорость увеличилась в n раз. Найти ускорение тела.

Решение

Воспользуемся соотношениями, описывающими равноускоренное движение тела, $v = v_0 + at = nv_0$ (по условию);

$$S = \frac{v^2 - v^2{}_0}{2a} = \frac{(nv_0)^2 - v^2{}_0}{2a} = \frac{(n^2 - 1)v^2{}_0}{2a}; \quad (n - 1)v_0 = at;$$

$$v_0 = \frac{at}{n - 1}; \quad v_0 = \sqrt{\frac{2aS}{n_2 - 1}}.$$

Приравняем два последних выражения для v_0:

$$\frac{at}{n-1}=\sqrt{\frac{2aS}{n^2-1}};\quad \frac{a^2t^2}{(n-1)^2}=\frac{2aS}{n^2-1};\quad \frac{at^2}{(n-1)^2}=\frac{2S}{n^2-1}.$$

Отсюда $a=\frac{2S}{t^2}\cdot\frac{n-1}{n+1}$.

5. Тело падает с высоты 100 м без начальной скорости. За какое время тело проходит первый и последний метры своего пути?

Какой путь проходит тело за первую, за последнюю секунду своего движения?

Решение

Для ответа на первые два вопроса используем следующую формулу: $t=\sqrt{\frac{2}{g}}(\sqrt{n_2}-\sqrt{n_1})$, где n_1 — начальный участок, а n_2 — конечный участок.

$t_1=\sqrt{\frac{2}{g}}(\sqrt{n_2}-\sqrt{n_1})\,(n_1=0;\quad n_2=1);\quad t_1\sqrt{\frac{2}{9{,}8}}\cdot\sqrt{1}=0{,}45$ с — время прохождения телом первого метра.

$$t_2=\sqrt{\frac{2}{g}}(\sqrt{n_2}-\sqrt{n_1})\,(n_1=99\text{ м};\ n_2=100\text{ м}).$$

$t_2=\sqrt{\frac{2}{9{,}8}}\cdot(\sqrt{100}-\sqrt{99})=0{,}023$ с — время прохождения телом 100-го метра.

Путь, пройденный телом за n-ю секунду движения, равен разности пути, пройденного телом за n секунд, и пути, пройденного телом за $n-1$ секунд: $\Delta S=S_n-S_{n-1}$.

$$y=y_0-gn^2/2;$$

$$gn^2/2=y_0-y=S_n;$$

$$S_n=gn^2/2$$

$$y=y_0-g(n-l)^2/2;$$

$$g\ (n-l)^2/2=y_0-y=S_{n-1};$$

$$S_{n-1}=g(n-l)^2/2.$$

Тогда

$$\Delta S = \frac{gn^2}{2} - \frac{g(n-1)^2}{2} = \frac{g}{2}(n^2 - (n-1)^2) = \frac{g}{2}(n - n + 1)(n + n - 1);$$

$$\Delta S = \frac{g}{2}(2n - 1).$$

Весь путь $S_0 = 100$ м тело пройдет за время n_0 секунд, равное:

$$S_0 = \frac{gn^2{}_0}{2} \Rightarrow n^2{}_0 = \frac{2S_0}{g}; \quad n_0 = \sqrt{\frac{2s}{g}}, \quad n_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 100}{9,8}} = 4,52 \text{ с}.$$

В последнюю секунду ($n = n_0$) тело пройдет путь

$$\Delta S_2 = \frac{g}{2}(2n_0 - 1) = 39,4\,(\text{м}).$$

В первую секунду путь ΔS будет составлять $\Delta S_1 = 4,9$ (м).

6. Глубину колодца хотят измерить с точностью 5%, бросая камень и замечая время τ, через которое будет слышен всплеск. Начиная с каких значений τ, необходимо учитывать время прохождения звука? Скорость звука в воздухе $c = 330$ м/с.

Решение

Глубина h_1 колодца, вычисленная без учета времени прохождения звука, равна $h_1 = g\tau^2/2$. С учетом времени $\Delta\tau$ прохождения звука время τ от момента начала падения камня до прихода звука составляет $\tau = \tau_1 + \Delta\tau$, где $\Delta\tau = h/c$ (c — скорость звука в воздухе; h — истинная глубина колодца); τ_1 — время свободного падения камня до касания поверхности воды в колодце.

$$h = g\tau_1{}^2/2 = \tau_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad \tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{h}{c}.$$

Относительную погрешность η измерения глубины колодца найдем из выражения: $\eta = \frac{\Delta h}{h} = \frac{h_1 - h}{h}$.

Отсюда $h_1 - h = \eta h$; $h_1 = (\eta + 1)h$; $h = \frac{h_1}{\eta + 1}$. Преобразуем последнее выражение:

$$h = \frac{h_1}{\eta+1} = \frac{h_1(1-\eta)}{(1+\eta)(1-\eta)} = \frac{h_1(1-\eta)}{1-\eta^2} = h_1(1-\eta) \quad (\eta^2 << 1);$$

$$n = (1-\eta)g\tau^2/2 = 0,95g\tau^2/2.$$

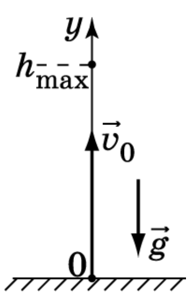
Тогда $\tau = \sqrt{\frac{2\cdot 0,95\cdot g\tau^2}{g\cdot 2}} + \frac{0,95g\tau^2}{2c} = \tau\sqrt{0,95} + \frac{0,95g\tau^2}{2c}$;

$$\tau = \frac{2c(1-\sqrt{0,95})}{0,95g} = \frac{2\cdot 330(1-\sqrt{0,95})}{0,95\cdot 9,8} \approx 1,8 \text{ с}.$$

7. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью v_0. Когда оно достигло высшей точки пути, из того же начального пункта с той же скоростью v_0 брошено второе тело. На какой высоте h от начального пункта они встретятся?

Решение

Отсчет времени движения тел начнем с момента начала движения второго тела. Зависимости $y = y(t)$ для обоих тел будут иметь вид $y_1 = h_{\max} - \frac{gt^2}{2}$; $y_2 = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$; $h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$ — максимальная высота подъема первого тела.



В точке встречи координаты обоих тел вдоль оси y примут одинаковое значение.

$y_1 = y_2$: $\quad h_{\max} - \frac{gt_0^2}{2} = v_0 t_0 - \frac{gt_0^2}{2} \Rightarrow h_{\max} = v_0 t_0.$