ФИЗИКА

ISSN 2077-0049
ИЗДАЕТСЯ С 1992 г.
№ 7–8 (965)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

fiz.1september.ru

электронная версия журнала
дополнительные материалы
в Личном кабинете
на сайте
www.1september.ru

издательский дом
1september.ru
Первое сентября
ИЮЛЬ–АВГУСТ 2014

Подписка на сайте www.1september.ruили по каталогу «Почта России»: 79147 (бумажная версия); 12757 (CD-версия)

В номере

К материалам, обозначенным этим символом, см. электронные дополнения в своём Личном кабинете на сайте www.1september.ru.

ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Уважаемые подписчики бумажной версии журнала!

Дополнительные материалы к номеру и электронная версия журнала находятся в вашем Личном кабинете на сайте www.1september.ru

Для доступа к материалам воспользуйтесь, пожалуйста, кодом доступа, вложенным в июльско-августовский сдвоенный номер журнала (№ 7-8/2014).

Срок действия кода с 1 июля по 31 декабря 2014 года.

Для активации кода:

- Зайдите на сайт www.1september.ru
- Откройте личный кабинет (зарегистрируйте, если у вас его ещё нет)
- Введите код доступа и выберите своё издание

Справки: podpiska@1september.ru или через службу поддержки на портале «Первого сентября»

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ»

Главный редактор: Артем Соловейчик (генеральный директор)
Коммерческая деятельность: Константин Шмарковский (финансовый директор)
Развитие, IT и координация проектов: Сергей Островский (исполнительный директор)
Реклама, конференции и техническое обеспечение Издательского дома: Павел Кузнецов
Производство: Станислав Савельев
Административно-хозяйственное обеспечение: Андрей Ушков
Педагогический университет: Валерия Арсланьян (ректор)

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА:
Английский язык – А.Громушкина,
Библиотека в школе – О.Громова,
Биология – Н.Иванова,
География – О.Коротова,
Дошкольное образование – Д.Тюттерин,
Здоровье детей – Н.Сёмина,
Информатика – С.Островский,
Искусство – О.Волкова,
История – А.Савельев,
Классное руководство и воспитание школьников – М.Битянова,
Литература – С.Волков,
Математика – Л.Рослова,
Начальная школа – М.Соловейчик,
Немецкий язык – М.Бузоева,
ОБЖ – А.Митрофанов,
Русский язык – Л.Гончар,
Спорт в школе – О.Леонтьева,
Технология – А.Митрофанов,
Управление школой – Е.Рачевский,
Физика – Н.Козлова,
Французский язык – Г.Чесновицкая,
Химия – О.Блохина,
Школа для родителей – Л.Печатникова,
Школьный психолог – М.Чибисова

УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО«ЧИСТЫЕ ПРУДЫ»
Зарегистрировано ПИ № ФС77-44336 от 21.03.11 в Министерстве РФ по делам печати
Подписано в печать: по графику 14.05.14, фактически 14.05.14 Заказ №
Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография», филиал «Чеховский Печатный Двор»Ул. Полиграфистов, д. 1, Московская область, г. Чехов, 142300; сайт: www.chpd.ru; e-mail: sales@chpk.ru; факс: 8 (496) 726-54-10, 8 (495) 988-63-76

Электронные публикации рецензируются, но не оплачиваются. Подробнее см. Правила в № 2/2011, с. 47 и на сайте журнала http://fiz.1september.ru в разделе Правила для авторов публикаций

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:
ул. Киевская, д. 24, Москва, 121165
Тел./факс: **(499) 249-3138**
Отдел рекламы: **(499) 249-9870**
Сайт: **1september.ru**

Использование графиков скорости при решении задач на равноускоренное движение

Показана эффективность применения графического метода на примере решения конкретных задач по теме «Прямолинейное равноускоренное движение».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: графический метод решения задач, прямолинейное равноускоренное движение

М.Н. БОНДАРОВ
mihail_bondarov@mail.ru,
ГБОУ лицей № 1501,
г. Москва

Идея напомнить коллегам об одном из моих любимых методов решения задач возникла после знакомства со статьёй [1], где приводилось два способа решения одной олимпиадной задачи:

• Велосипедист, двигаясь равноускоренно, проезжает мимо четырёх столбов, стоящих друг за другом на одинаковом расстоянии. Расстояние между первыми двумя столбами он проехал за время $t_1 = 2$ с, а между вторым и третьим – за $t_2 = 1$ с. Найдите время t_3 движения велосипедиста между третьим и четвёртым столбами.

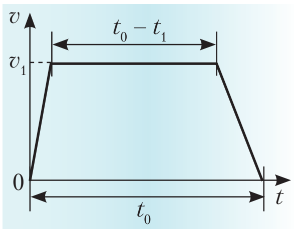
Первый способ – путём прямого решения системы кинематических уравнений, второй – с помощью графика зависимости перемещения от времени. Можно предложить ещё и третий способ – с помощью графика зависимости скорости тела от времени при прямолинейном равноускоренном движении: площадь под графиком скорости численно равна пройденному расстоянию. Как и во многих случаях, найти геометрически эту площадь (и тем самым решить задачу) оказывается значительно легче, чем вычислять расстояние аналитически без использования графика (см. задачу 15 в ЭП).

Эффективность метода наиболее ярко можно продемонстрировать на решении задачи № 85 из классического сборника [2]. Возникает вопрос: имеет ли смысл возвращаться к задаче, которую все прекрасно знают? Мало того, в само́м задачнике существует прямое указание на графический способ решения. Однако опыт показывает, что по-прежнему многие (и ученики, и авторы учебников и пособий) продолжают решать эту задачу аналитическим способом, затрачивая много сил и времени. Убедиться в преимуществах графического способа решения легко на примере решения обычным способом, приведённом в ЭП.

Печатается в сокращении. Полный текст 20 задач с решениями дан в ЭП. – *Ред.*

Задача 1. Расстояние между двумя станциями поезд прошёл со средней скоростью $v_{ср} = 72$ км/ч за $t_0 = 20$ мин. Разгон и торможение вместе длились $t_1 = 4$ мин, а остальное время поезд двигался равномерно. Какой была скорость v_1 поезда при равномерном движении?

Решение. Построим график скорости поезда от времени (рис. 1), указав на нём данные из условия задачи. Мы не знаем, сколько времени было затрачено на разгон, и сколько – на торможение. К счастью, для определения пройденного пути l этого и не требуется, ведь площадь трапеции (неравнобокой в нашем случае!) определяется как произведение полусуммы её оснований на высоту:



$$l = v_1 \frac{t + (t - t_1)}{2}.$$

С учётом определения средней скорости можно записать: $l = v_{ср}t$. Решая совместно записанные уравнения, находим искомую скорость:

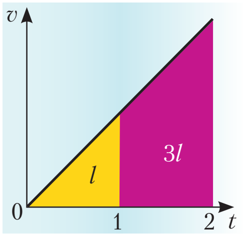
$$v_1 = v_{ср} \frac{2t}{2t - t_1} = 80 \text{ км / ч.}$$

Обратим внимание на одну тонкость: при подстановке числовых значений не нужно делать стандартный перевод единиц в СИ. Многие ученики, к сожалению, часто, не задумываясь, автоматически делают это без всякой необходимости.

Две следующие задачи из ЕГЭ прошлых лет с помощью графика скорости решаются практически устно.

Задача 2 [ЕГЭ, 2008]. За последнюю секунду движения свободно падающее тело прошло 3/4 своего пути. Найдите полное время падения t, если начальная скорость равна нулю.

Решение. На графике зависимости скорости тела от времени рассмотрим два подобных треугольника: маленький жёлтый (его площадь численно равна 1/4 всего пройденного телом пути) и большой (его площадь численно равна всему пройден-

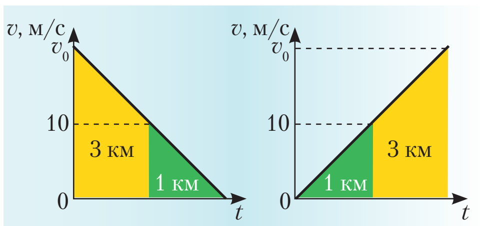


ному пути). Вспомним теперь, что площадь жёлтого прямоугольного треугольника равна половине (1/2) произведения его катетов. Значит, время, затраченное на прохождение четверти (1/4) всего пути, вдвое меньше полного времени падения.

Теперь ответ очевиден: $t = 2$ с.

В условии этой задачи важно обратить внимание на отношение пройденных отрезков пути – 1 : 3, которое значительно упрощает дальнейший ход решения. Будь это отношение другим, например, 1 : 4, или 2 : 3, графическое решение могло бы оказаться не легче аналитического. В нашем же случае график не только помог получить верный ответ, но и вывел нас на важную закономерность: так называемый закон нечётных чисел.

Задача 3 [ЕГЭ, 2010]. На последнем километре тормозного пути скорость поезда при торможении с постоянным ускорением уменьшилась на Δv = 10 м/с. Определите скорость v_0 в начале торможения, если общий тормозной путь поезда составил l = 4 км, а торможение было равнозамедленным.

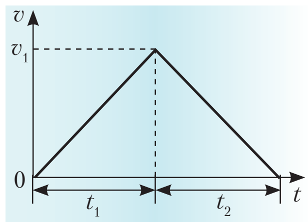


Решение. Построив график скорости (см. левый график), убеждаемся, что он оказывается зеркально отражённым по отношению к графику из задачи 2 (см. правый график). Это можно интерпретировать как использование приёма обратимости времени, когда торможение тела до остановки заменяется разгоном из состояния покоя с тем же по модулю ускорением.

Поэтому ответ (20 м/с) легко получить устно. Действительно, весь путь, как и в предыдущей задаче, можно разбить на два участка, длины которых относятся как 1 : 3. Значит, на их прохождение затрачены одинаковые промежутки времени. Следовательно, начальная скорость вдвое больше скорости 10 м/с на границе этих участков.

Наконец, рассмотрим графический способ решения задачи о ракете, стартующей с поверхности Земли, у которой в процессе полёта отключается двигатель. (В ЭП рассмотрены более сложные случаи движения ракеты, когда её ускорение отличается от g и когда ракета меняет направление движения на противоположное.)

Задача 4. Ракета стартует с поверхности земли вертикально вверх с ускорением* $a = g$. Определите минимальное время работы двигателя, необходимое для того, чтобы ракета поднялась на высоту h = 250 м. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.



Решение. Поскольку модули ускорений ракеты на участке разгона и торможения одинаковы, то двигатель будет работать минимальное время, если его отключить на половине пути. В таком случае график зависимости скорости ракеты от времени имеет вид равнобедренного треугольника ($t_1 = t_2$). (Качественно этот факт можно пояснить учащимся, напомнив им, что ускорение определяет тангенс угла наклона графика скорости к оси времени). К моменту отключения двигателя ракета наберёт скорость $v_1 = at_1 = gt_1$ и поднимется на высоту $h/2$. Теперь легко найти минимальное время работы двигателя:

$$\frac{h}{2} = \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{h}{g}} = 5 \text{ с}.$$

В заключение отметим, что мы намеренно выбрали лишь те задачи, решение которых графическим способом оказывается значительно проще, чем аналитическим. Об этом следует непременно сообщить ученикам, так как у некоторых из них (особенно после знакомства с законом нечётных чисел!) может возникнуть неверное представление о том, что любую задачу на равноускоренное движение можно решить так же просто и быстро, как приведённые выше. И всё же достоинства графического способа неоспоримы. Рассмотренные в электронном приложении задачи разного уровня сложности являются надёжным тому подтверждением.

Литература

1. Кондратьева Т.А. Математическое решение физической задачи // Физика-ПС. 2012. № 5. С. 43.
2. Рымкевич А.П. Физика. Задачник. 10–11 кл.: пособие для общеобразоват. учреждений. М.: Дрофа, 2006.

*Имеется в виду результирующее ускорение. Ракете же сообщается ускорение $a = 2g$. – *Ред.*