

10-11 КЛАССЫ

1. Основы тригонометрии. Синус, косинус, тангенс. Тригонометрические тождества.
2. Основные понятия кинематики. Равномерное движение, скорость. Путь, перемещение, средняя скорость. Равноускоренное движение, основные формулы для зависимости пути от времени.
3. Векторы в физике.
4. Написание программ в среде программирования Visual C++ (или Matlab).
5. Решение задач о неравномерном движении с помощью компьютера. Схема Эйлера.
6. Неявные численные схемы.
7. Сила и ее физический смысл. Виды сил.
8. Законы Ньютона.
9. Закон сохранения импульса. Закон сохранения энергии.
10. Линейные и нелинейные колебания.

Примеры задач для рассмотрения на занятиях

1. Пешеход идет вдоль трассы из деревни Дубово в деревню Березово со скоростью 5 км/ч. По пути его обгоняет автобус маршрута «Дубово – Березово». Спустя 2 километра пути его обогнал тот же автобус, при этом следующий в том же направлении. С какой скоростью едет автобус, если расстояние между деревнями – 9 км, а на остановках он стоит пренебрежимо малое время?
2. Велосипедист едет вдоль трассы из деревни Коровино в деревню Гусево. По пути его обгоняет автобус маршрута «Коровино – Гусево». Спустя 4 километра пути его обогнал тот же автобус, при этом следующий в том же направлении. Расстояние между Коровино и Гусево – 8 км, а скорость автобуса – 60 км/ч, при этом на остановках он стоит пренебрежимо малое время. С какой скоростью идет пешеход?
3. Из деревни в город в 11.00 одновременно вышли моторная лодка и плот. Моторная лодка доплыла до города и повернула обратно, встретившись с плотом в 13.30 на середине пути между деревней и городом. Найдите скорость

лодки в стоячей воде и скорость течения. Расстояние между деревней и городом – 20 км.

4. Поезд половину пути ехал со скоростью 30 км/ч, а половину пути – со скоростью 70 км/ч. Найти его среднюю скорость.
5. Поезд половину времени ехал со скоростью 30 км/ч, а половину времени – со скоростью 70 км/ч. Найти его среднюю скорость.
6. Автомобиль расходует в городском режиме 10 л бензина на каждые 100 км. На трассе тот же автомобиль расходует 7 л/100 км. Автомобиль прошел путь 200 км, при этом часть пути он двигался по городу со скоростью 10 км/ч, часть – ехал по трассе со скоростью 90 км/ч. Согласно показаниям бортового компьютера, средний расход топлива составил 7.3 л/100 км. Найти, сколько километров автомобиль проехал по трассе.
7. Пловец плывёт через реку, направляясь перпендикулярно к течению. На какое расстояние S его снесёт по течению, если скорость течения v_r , скорость пловца v_s ? Ширина реки l .
8. Пловец плывёт через реку шириной $l = 20$ м. Найдите, под каким углом к течению он должен плыть, чтобы его не снесло? Скорость течения $v_r = 3$ м/с, скорость пловца $v_s = 5$ м/с.
9. Под каким углом должен плыть пловец со скоростью v_s через реку, чтобы его снесло на расстояние S ? Скорость течения v_r , ширина реки l .
10. Подброшенное вверх тело пролетает через расположенную на высоте h точку два раза с интервалом времени t_I . С какой скоростью v_{y0} тело упадёт на землю?
11. Электричка заезжает в тупик. Ее скорость по мере приближения к тупиковой призме меняется по закону: $v = 0.1s$, где v – скорость электрички, измеряя в м/с, s – расстояние от призмы до первого вагона. Когда расстояние до призмы становится равным 1 м, машинист останавливает поезд. Сколько времени займет заезд в тупик, если длина тупикового пути – 200 м?
12. По дороге едет грузовик с колбасой со скоростью 5 м/с. Через 20 секунд после проезда грузовика мимо конуры оттуда выбегает собака со скоростью 10 м/с. По мере приближения к грузовику скорость собаки увеличивается по закону: $v = 20 - 0.1s$, где скорость измеряется в м/с, расстояние – в м. Когда собака догонит фургон?

13. Водитель скутера проехал мимо поста ГИБДД со скоростью 10 м/с и не выполнил требование остановиться. Через 30 секунд после его проезда инспектор ГИБДД поехал за ним вслед со скоростью 30 м/с. По мере приближения инспектора нарушитель начал прибавлять скорость по закону $v = 25 - 0.05s$, где скорость измеряется в м/с, а расстояние s между инспектором и скутером – в м. Догонит ли автомобиль ГИБДД нарушителя?
14. При стыковке двух космических кораблей скорость их сближения уменьшается по закону: $v = 1 + s$, где s – расстояние между кораблями в м, v измеряется в см/с. Найти, за какое время произойдет стыковка, если начальное расстояние между кораблями – 100 м.
15. Для свободного падения тела с ускорением $g = 10 \text{ м/с}^2$ и начальной скоростью $v_0 = 20 \text{ м/с}^2$ вычислите путь за время $T = 1$ с точно и вручную по схеме Эйлера.
16. Решите задачу 12 при помощи компьютера.
17. Известно, что при падении шарика для пинг-понга его ускорение приближённо описывается формулой $a \approx g - kv^2$, где g - ускорение свободного падения, $k = 0.1 \text{ м}^{-1}$. Начальная скорость равна $v_0 = 0 \text{ м/с}$. Найти зависимость пути от времени численно по схеме Эйлера.
18. Чтобы разогнать космический корабль массы 1 т до 1 км/с, требуется 1 т топлива. Сколько топлива потребуется на разгон корабля массы 1 т до скорости 2 км/с?
19. Чтобы разогнать космический корабль массы 1 т до 1 км/с, требуется 1 т топлива. Сколько топлива потребуется на разгон корабля массы 2 т до скорости 1 км/с?
20. Чтобы разогнать космический корабль массы 1 т до 1 км/с, требуется 1 т топлива. Сколько топлива потребуется на разгон корабля массы 2 т до скорости 2 км/с?
21. По одной из теорий, Вселенная постоянно расширяется. Обозначим её размер как R , а скорость его увеличения как V . Они связаны друг с другом уравнениями Эйнштейна - Фридмана - Леметра, упрощённо записать которые можно так:

$$V^2 = \frac{8\pi}{3} \varepsilon R^3 - k$$

Можно приближённо считать, что $\varepsilon \approx 1/R^3$. Решите данное уравнение численно по схеме Эйлера, считая, что искривление пространства отсутствует ($k = 0$). Считайте, что $R(t = 0.001) = 0.027$.

22. Платформа массы M движется по рельсам со скоростью V_0 . На неё сыплет снег с интенсивностью μ грамм в секунду. Найти скорость v платформы через время t . Остановится ли платформа?

23. Пусть два автомобиля массы m едут со скоростью v . Затем один из них ускоряется до скорости $2v$. В системе отсчёта, связанной с Землёй, он приобрёл кинетическую энергию:

$$\Delta T_1 = 3 mv^2/2.$$

Перейдём в систему отсчёта, связанную со вторым автомобилем. Тогда:

$$\Delta T_2 = mv^2/2.$$

Каким образом так получается, если в обеих системах отсчёта сожжено одинаковое количество бензина, а значит, получено одинаковое количество энергии?

24. Найти период колебаний маятника с учетом кубической нелинейности:

$$a = -\omega_0^2 \left(x - \frac{x^3}{6} \right).$$

25. Найти период колебаний маятника с учетом синусоидальной нелинейности:

$$a = -\omega_0^2 \sin \left(\frac{x}{R} \right).$$

Проектно-исследовательские работы

1. Прохождение лучей через линзу сложной формы. В школе исследуется формула тонкой линзы. В вузовском курсе она обобщается на более сложные примеры. Впрочем, они тоже обычно предполагают не слишком разнообразные формы поверхностей. При этом опыт показывает, что наилучшие результаты в фототехнике получаются при использовании линз, поверхности которых довольно сложны и могут быть изучены только с помощью компьютерного моделирования, что и предлагается сделать учащимся.

2. Физические идеи, лежащие в основе гиперблоида инженера Гарина. В романе А.Н. Толстого «Гиперблоид инженера Гарина» описано устройство,

которое позволяло фокусировать лучи света в одной точке. С его помощью можно было перерезать трубы заводов и уничтожать целые армии. Предлагается рассчитать ход лучей в «гиперboloиде» и понять, хорошо ли знал физику писатель-фантаст.

3. Расчет зависимости высоты над поверхностью Земли от давления с учетом изменений температуры. Высотомер в кабине самолета показывает так называемую барометрическую высоту, нормированную на давление в нормальных условиях на уровне моря. При этом, при заходе на посадку необходимо осуществить переход от такой шкалы к реальной высоте. Для этого нужна максимально точная зависимость высоты над поверхностью Земли от высоты в конкретной географической точке. Предлагается рассчитать такую зависимость.

4. Моделирование падения космического мусора на Землю. Как правило, большая часть остатков космических аппаратов сгорает в верхних слоях атмосферы. Однако иногда отдельные фрагменты могут долетать до земной поверхности и наносить урон людям и постройкам. Предлагается математически описать падение фрагмента космического аппарата с учетом сопротивления воздуха на разных высотах и частичного сгорания.

5. Моделирование затопления тел в океане. Когда тела опускаются на большие глубины, давление воды сильно меняется. Из-за этого заметно меняется и сила жидкого трения, из-за которой тела тонут медленнее. Предлагается рассчитать время, за которое различные предметы достигнут дна известных морей и океанов.

6. Исследование движения сложных маятников. Предлагается рассчитать на компьютере колебания связанных маятников, определить периоды их колебаний и закон движения.

7. Оптимальные маршруты общественного транспорта. В настоящее время в крупных городах становятся популярными скоростные маршруты автобусов. При этом далеко не всегда их маршруты прокладываются оптимальным образом. Например, если сделать слишком много остановок, то скорость движения не будет сильно отличаться от обычных автобусов, и популярность маршрута снизится. Если сделать его полностью «экспрессным», то им не будут

пользоваться те, кто живет вблизи пропускаемых остановок. То же самое можно сказать и про интервалы движения, стоимость проезда и т.п. Поиск «золотой середины» оказывается весьма нетривиальной задачей и требует использования компьютерных методов оптимизации.

8. Равновесие в экосистемах. Когда на заре колонизации Австралии туда было привезено около двух десятков кроликов, оказалось, что у них практически нет естественных врагов (европейские волки там не живут). В связи с этим количество кроликов стало столь велико, что они съедают почти всю траву, и начинают умирать от голода. Предлагается рассчитать, при каком соотношении между хищниками и жертвой в экосистеме будет достигаться наиболее оптимальное поголовье тех или иных животных.

9. Аппроксимация результатов эксперимента. Результаты реальных экспериментов редко точно совпадают с тем, что дают физические законы. Часто даже для того, чтобы выяснить сопротивление проводника по нескольким измерениям силы тока и напряжения, приходится пользоваться приближенными методами аппроксимации, встроенными в такие программы, как Microsoft Excel. Однако там содержатся оптимальные алгоритмы далеко не для всех физических задач. Предлагается составить свою компьютерную программу, которая бы анализировала результат физического эксперимента.

Рекомендуемая литература

1. А.В.Грачев, В.А. Погожев, А.М. Салецкий, П.Ю.Боков. Физика: 10 класс: учебник для учащихся общеобразовательных учреждений. М., 2011.
2. С.Б.Рыжиков. Классический опыт Галилея в век цифровой техники: численное моделирование и лабораторный эксперимент. М., 2008.
3. Сайт Московской городской олимпиады по физике mosphys.olimpiada.ru