

Задавальник МФТИ. Механика

Настоящая программа нацелена на олимпиадную подготовку школьников по механике и основана на материалах кафедры общей физики МФТИ, которые собраны в папке [1semMech](#). Зайдя в неё, вы обнаружите следующее.

- Файлы [Z16.pdf](#), [Z17.pdf](#) и [Z18.pdf](#) — это задавальники первого семестра соответственно 2016/17, 2017/18 и 2018/19 учебного года. «Задавальник» — это физтеховское название семестрового сборника заданий, в котором по неделям расписаны темы семинаров и зафиксированы задачи, которые необходимо решать (а также обозначены сроки сдачи заданий и проведения семестровых контрольных работ).
- Папка «[Книги](#)» — содержит рекомендованную студентам литературу. Главным файлом здесь является задачник [Ovchinkin2013.djvu](#) под редакцией В. А. Овчинкина (2013 год, последняя версия). Все задания в задавальниках составлены по этому задачнику. Для удобства имеется также его копия [Ovchinkin2013ans.djvu](#), которую можно открыть параллельно на страницах ответов (чтобы просто переключаться между окнами программы просмотра файлов djvu, а не листать туда-сюда сам задачник).
- Папка «[Контрольные](#)» — содержит полусеместровые контрольные работы (с 1993 года). Контрольная работа проводится обычно в конце октября по темам первых семи-восьми семинаров.
- Папка «[Экзамены](#)» — содержит варианты письменного экзамена по физике за первый семестр (с 1990 года).

Как можно видеть из любого задавальника, студенту нужно решить в неделю около десяти задач. Конечно, это немного, и некоторые важные идеи (если они не усвоены ранее в школе) гарантированно пройдут мимо. Между тем, задачник Овчинкина совершенно уникален по охвату материала, и продвинутому школьнику есть смысл работать по нему, чтобы:

- глубже осмыслить уже известные вещи и увидеть, как они будут работать дальше;
- совершенствовать математический аппарат (дифференцирование, интегрирование, исследование функций, решение дифференциальных уравнений);
- обрести бесценное ощущение того, что, будучи способным решать задачи вузовского курса физики МФТИ, ты по отношению к олимпиадам находишься на более высокой ступени развития; это ощущение (наряду с приобретёнными навыками) обеспечит уверенность в себе, спокойствие и в конечном счёте успех на олимпиаде;
- впоследствии, став первокурсником МФТИ, чувствовать себя уверенно и быть впереди остальных.

Ну и, разумеется, сюжеты некоторых задач можно встретить на олимпиадах. Примеры такого совпадения идей указаны ниже в примечаниях.

Необходимая теория содержится в пособиях из папки «[Книги](#)»; особо важным источником, конечно же, является [первый том Сивухина](#). Пригодятся также следующие видеоматериалы [Лектория МФТИ](#).

1. [Лекционный курс Овчинкина по механике](#). Очень полезно бывает вначале послушать лекцию, а потом углубиться в соответствующие разделы Сивухина.
2. [Семинары Овчинкина по механике](#). Здесь разбираются задачи из задачника (многие из которых были включены в задания того года, когда велась запись). Разумеется, сначала надо попытаться решить задачу самостоятельно, ну а затем — послушать Овчинкина.

Задания настоящей программы содержат:

- все задачи по соответствующим темам, которые предлагались в задавальниках Z16 — Z18;
- все задачи, разобранные на видеосеминарах Овчинкина (их номера отмечены верхним индексом s — например, 1.13^s);
- некоторые дополнительные задачи, которые мне представляются важными.

Таким образом, данная программа является существенно расширенной версией любого задавальника (в частности, того, который будет получен в первом семестре).

Обозначение K2018 используется для вариантов полусеместровой контрольной работы, расположенных в файле kr2018.pdf. Аналогично — для других номеров года.

Обозначение Э2018 используется для вариантов письменного экзамена по механике, расположенных в файле meh2018.pdf (аналогично — для других номеров года).

Задачи, номера которых подчёркнуты, мы решаем на занятиях. «Неподчёркнутые» задачи остаются на дом. При самостоятельной работе подчёркнутые задачи решаются в первую очередь, поскольку часто дублируются соответствующими неподчёркнутыми (из параллельного варианта контрольной или экзамена).

Нижеследующий текст непрерывно модифицируется. Последняя версия файла находится по адресу <http://mathus.ru/phys/Zmech.pdf>.

Основы кинематики

[Лекция 1](#) и §§ 1 — 8 Сивухина.

- (1) 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13^s, 1.14^s, 1.16^s, 1.17^s, 1.18, 1.19, 1.20, 1.21, 1.23, 1.24, 1.25, 1.26.
- (2) K2018 (3A, 3B); K2017 (1A, 1B).

Примечания

- Повторите листок «[Баллистика. Векторы](#)». В частности, из задачи про школьника Васю вспомните, что максимум дальности полёта достигается в случае перпендикулярности начальной и конечной скоростей; в свете этого ещё раз обдумайте задачи 1.4 и 1.5.

Динамика материальной точки. Законы Ньютона

[Лекция 2](#) (до реактивного движения) и §§ 9 — 20 Сивухина. Пока вы учитесь в школе, постарайтесь уделить максимум внимания этой теме, потому что на первом курсе будет уже не до неё — там вон сколько материала впереди.

- (1) 2.1, 2.5, 2.12, 2.13 — 2.17, 2.18, 2.23^s, 2.24^s, 2.25, 2.26, 2.32^s, 2.34, 2.36^s, 2.37, 2.38, 2.39, 2.41, 2.43, 2.47, 2.49, 2.51, 2.52, 2.55, 2.56^s, 2.57, 2.59, 2.60, 2.61, 2.64, 2.65, 2.66, 2.67, 2.68, 2.70, 2.71, 2.73, 2.74, 2.75, 2.76, 2.79, 2.80, 2.83, 2.84.

(2) K2018 (6A, 6Б).

Примечания

- Задачи 2.12 — 2.17 являются вариациями на тему знаменитой задачи Льюиса Кэрролла «Обезьяна и груз»: *Через блок, прикреплённый к потолку, переброшен канат. На одном конце каната висит обезьяна, к другому прикреплён груз, вес которого в точности равен весу обезьяны. Предположим, что обезьяна начала взбираться вверх по канату. Что произойдёт при этом с грузом?* [Ю. А. Данилов, Я. А. Смородинский. Физик читает Кэрролла]
- Задача, аналогичная 2.26: [Vse2001Z10.1](#).
- Принцесса роняет с яхты жемчужину (2.41), а на Всероссе бросают в реку шарики: [Vse2018Z11.5](#). Вообще, тема [сопротивления среды](#) очень популярна на олимпиадах.
- Массивная пружина (2.59, 2.60) — также [Vse1997Z11.1](#) и в облегчённой версии [Fzt2018Z11.1](#).

Движение тел с переменной массой

[Лекция 2](#) (с реактивного движения до механической работы) и § 21 Сивухина. Достаточно подробный вывод уравнения Мещерского (с отдельным рассмотрением случаев прихода и ухода массы) можно найти в листке [«Движение тел с переменной массой»](#).

(1) [3.2](#), [3.3^s](#), [3.11^s](#), [3.25^s](#), [3.27^s](#), [3.31^s](#), [3.36^s](#), [3.41](#), [3.43](#), [3.45^s](#), [3.48^s](#), [3.56^s](#), 3.60, 3.73.

(2) K2018 (1A, 1Б); K2017 (3A, 3B).

Динамика систем. Работа и энергия. Столкновения

[Лекция 2](#) (начиная с механической работы), [лекция 3](#) (до момента силы), [лекция 4](#) (до специальной теории относительности) и §§ 18, 19, 22 — 29 Сивухина.

(1) 4.10, 4.11, 4.12, 4.22^s, 4.25^s, 4.27, 4.30, 4.35, 4.37, 4.40^s, 4.41, 4.45^s, 4.46, 4.47, 4.48, 4.51, 4.61^s, 4.70, 4.73^s, 4.75, 4.76, 4.80^s, [4.90](#), 4.91, [4.93^s](#), 4.96, 4.97, 4.98^s, [4.100](#), [4.104](#), 4.108, 4.109, 4.125, 4.141, 4.142^s.

(2) K2018 (4A, 4Б); K2017 (2A, 2Б); K2017 (5A, 5B); K2015 (4A, 4Б); K2012 (4A^s, 4Б).

Примечания

- В задаче K2017–5Б мы сталкиваемся с известной олимпиадной идеей; посмотрите также задачи [Mos2010tur1–10.1](#) и [IPhO2014–1A](#).

Момент импульса

[Лекция 3](#) (начиная с момента силы), [лекция 6](#) (с вращательного движения до гравитационного поля), [лекция 7](#) (начиная с твёрдого тела), [лекция 8](#) (до плоского движения), а также §§ 30 — 38, 44 — 47 Сивухина и листок [«Векторы и механика»](#) (до неинерциальных систем отсчёта).

(1) 6.1, 6.4^s, 6.5, 6.8, 6.9, 6.15^s.

(2) K2018 (2A, 2Б).

Гравитация

[Лекция 6](#) (начиная с гравитационного поля), [лекция 7](#) (до твёрдого тела) и §§ 55 — 62 Сивухина. Стоит также поработать с листком «[Законы Кеплера](#)» для максимального прояснения теории (ибо тут вы проделаете всё своими руками).

- (1) 7.1, [7.5^s](#), 7.10, [7.11](#), [7.18](#), 7.19, [7.20^s](#), 7.23, 7.29, [7.31](#), 7.44^s, [7.58](#), [7.61](#), [7.70](#), 7.71, 7.72^s, 7.73, [7.74](#), 7.81, [7.83](#), [7.85](#), 7.86^s, [7.90](#), 7.93, [7.109^s](#), 7.132^s, [7.136^s](#), [7.137](#), 7.138, 7.139, [7.141](#), 7.142, 7.143, 7.155, 7.156, 7.158, [7.188^s](#), [7.189^s](#).
- (2) К2018 (5А, [5Б](#)); Э2018 ([6А](#), 6Б); К2017 ([4А](#), 4Б); К2016 ([6А](#), 6Б).

Примечания

- Полезная вещь в задаче двух тел — *приведённая масса* (Сивухин, § 20). Решите задачу 7.5, рассматривая движение приведённой массы. Это, возможно, не сильно сократит выкладки, но лишь потому, что в данной задаче присутствует симметрия. Стоит симметрии нарушиться (К2018, задача 5Б) — и выгода рассмотрения приведённой массы становится весьма ощутимой.
- Задача 7.155, она же Э2002–4А — она же (!) [Vse2002Z9.1](#).
- Идея задачи 7.70 дважды встретила на Всероссе: [Vse2005Z11.1](#) (это фактически та же самая задача) и [Vse2007Z11.1](#) (незначительная модификация на случай кулоновского поля).

Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси

Теоретический материал тот же, что и в разделе «Момент импульса».

- (1) 9.1^s, 9.7, 9.8, 9.57^s, 9.90, 9.95, 9.105, 9.121, 9.124, 9.126, 9.131, 9.181.
- (2) К2015 ([3А](#), 3Б).

Плоское движение твёрдого тела

[Лекция 8](#) (начиная с плоского движения), [лекция 9](#) (до тензора инерции) и § 48 Сивухина.

- (1) 9.51^s, 9.71, 9.76^s, 9.78^s, 9.79, 9.82, 9.88, 9.89, 9.109^s, 9.113^s, 9.114, 9.115, 9.119^s, 9.150^s, 9.159^s, 9.161^s, 9.162, 9.163, 9.164^s, 9.173^s, 9.186, 9.187, Э2003–2А^s.
- (2) Э2018 ([4А](#), 4Б); Э2017 ([1А](#), 1Б).

Гироскопы

[Лекция 9](#) (начиная с тензора инерции), [лекция 10](#) (до физического маятника) и §§ 49 — 54 Сивухина.

- (1) [11.1](#), 11.3, 11.4, 11.6, [11.7^s](#), [11.8](#), 11.9^s, 11.10, 11.12^s, [11.14^s](#), 11.15, [11.16](#), 11.17^s, 11.18, 11.19, [11.20](#), [11.24](#), 11.27.
- (2) Э2013 ([5А](#), 5Б).

Неинерциальные системы отсчёта

Лекция 12 (начиная с маятника Фуко), лекция 13 (до механики упругих тел), §§ 63 — 72 Сивухина и листок «Векторы и механика» (неинерциальные системы отсчёта).

- (1) 12.5, 12.6, 12.7^s, 12.8, 12.15, 12.19, 12.27, 12.28, 12.30^s, 12.34^s, 12.35^s, 12.36, 12.37, 12.38, 12.41, 12.45, 12.48, 12.49, 12.59^s, 12.63^s, 12.67^s, 12.71, 12.73, 12.74, 12.79, 12.82, 12.86, 12.87, 12.88, 12.89^s.
- (2) Э2018 (2А, 2Б).

Колебания

Лекция 10 (начиная с физического маятника), лекция 11, лекция 12 (до маятника Фуко) и §§ 39 — 43 Сивухина.

- (1) 14.2, 14.3, 5.22а, 5.42^s, 5.43^s, 5.56, 5.60, 5.66, 5.71, 5.74, 5.76, 10.4, 10.30^s, 10.34, 10.43^s, 10.46^s, 10.47^s, 10.48^s, 10.55^s, 10.62^s, 10.72^s, 10.78, 10.84, 10.85, 12.80, 12.89^s.
- (2) Э2018 (5А, 5Б).

Элементы теории упругости

Лекция 13 (начиная с механики упругих тел), лекция 14 (до основ гидродинамики) и §§ 73 — 85 Сивухина.

- (1) 13.2, 13.4, 13.7^s, 13.8, 13.16, 13.17, 13.18^s, 13.33^s, 13.34^s, 13.36, 13.37^s, 13.40^s, 13.39^s, 13.46^s, 13.48, 13.49, 13.50, 10.64.
- (2) Э2018 (1А, 1Б).

Релятивистская кинематика

Лекция 4 (начиная со специальной теории относительности), лекция 5 (до релятивистской динамики), пособие Белонучкина «Относительно относительности на первом курсе».

- (1) 8.4, 8.7, 8.15, 8.24^s, 8.25, 8.29, 8.30, 8.77, 8.79, 8.80, 8.89, 8.90, 8.97, 8.98.
- (2) Э2018 (3А, 3Б); Э2014 (3А, 3Б).

Релятивистская динамика

Лекция 5 (начиная с релятивистской динамики), лекция 6 (до вращательного движения твёрдого тела).

- (1) 8.43, 8.48, 8.49^s, 8.54^s, 8.57, 8.59^s, 8.67, 8.68^s, 8.69, 8.72, 8.73^s, 8.75^s, 8.76.
- (2) Э2017 (2А, 2Б); Э2013 (2А, 2Б); К2012 (3А, 3Б).

Элементы гидродинамики

Лекция 14 (начиная с основ гидродинамики), лекция 15 и §§ 89 — 105 Сивухина.

- (1) 14.11, 14.17^s, 14.25^s, 14.27^s, 14.29^s, 14.30^s, 14.34^s, 14.42, 14.46
- (2) Э2016 (6А₁, 6Б₁); Э2015 (3А, 3Б); Э2014 (4А, 4Б).