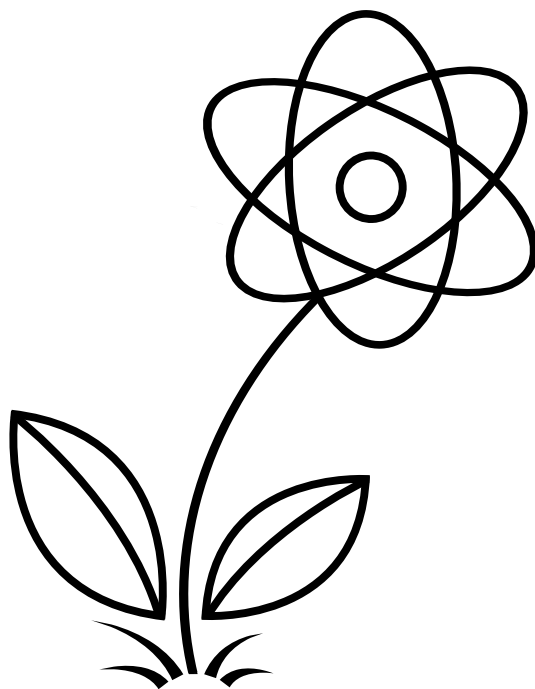


XVIII ЛЕТНЯЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ШКОЛА
17 июля – 6 августа 2012

Сборник материалов



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2012

1. Участники ЛФШ.

В работе Летней Физической Школы приняли участие 106 школьников 7–11 классов и 16 преподавателей. В школу принимались победители городской олимпиады по физике, завоевавшие дипломы, либо успешно написавшие вступительную работу школьники, либо школьники, получившие рекомендацию руководителя параллели в предыдущей ЛФШ.

8 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
1	Антонюк Валерий	344	Д2
2	Арутюнян Дмитрий	265	45
3	Беличенко Дмитрий	183	Д3
4	Беляков Леонид	610	42
5	Богданова Полина	97	ПО
6	Богомоллов Михаил	610	Д2
7	Болотовский Владислав	554	Д3
8	Дементьева Маргарита	239	55
9	Дроздов Дмитрий	457	Д2
10	Евдокимов Тимур	526	41
11	Елфимова Олеся	98	Д3
12	Жмаев Платон	427	49
13	Жмудь Богдан	209	Д2
14	Захаров Алексей	366	Д2
15	Калашников Георгий	410	Д3
16	Коган Анна	610	65
17	Люлина Елена	111	56
18	Марченко Максим	239	Д3
19	Нагавкина София	622	Д3
20	Осколков Денис	144	42
21	Репетун Лада	278	Д3
22	Родионов Иван	328	Д2
23	Румянцева Ольга	534	Д2
24	Сахно Денис	239	32
25	Свирин Евгений	582	53
26	Семченко Дмитрий	610	ПО
27	Смирных Дмитрий	239	50
28	Терехов Александр	406	ПО
29	Усачёва Мария	295	Д3
30	Чекулаев Сергей	144	35
31	Чижикова Виктория	610	Д3
32	Яковлев Егор	470	Д3

9 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
1	Антонов Кирилл	ФТШ	Д3
2	Артамонов Николай	239	—
3	Багиров Фарид	533	Д2
4	Баркаръ Алиса	ФТШ	41
5	Богомоллов Егор	ФТШ	Д1
6	Бомов Фёдор	292	—
7	Гера Станислава	ФТШ	—
8	Грибакин Борис	30	—
9	Громов Даниил	Ун.	—
10	Гудовских Олег	533	Д3
11	Гуменюк Виталий	30	—
12	Гусев Андрей	526	48
13	Жибарев Георгий	533	Д3
14	Зиминова Ольга	ФТШ	36
15	Зырянов Егор	ФТШ	30
16	Йона Андрей	МК	—
17	Козелецкая Маргарита	ФТШ	42
18	Кокурушников Тимофей	239	Д2
19	Коробов Артём	239	—
20	Кощенко Екатерина	ФТШ	56
21	Куликов Алексей	221	Д2
22	Курбанов Фарид	30	32
23	Курилов Фёдор	239	Д2
24	Кутимский Максим	239	—
25	Лобанов Артём	1	40
26	Мастеров Роман	239	—
27	Морозов Дмитрий	239	Д1
28	Олейник Дарья	239	—
29	Охотников Артём	239	Д3
30	Павлова Нина	239	—
31	Петров Степан	30	—
32	Решетников Кирилл	406	37

(продолжение см. на следующей странице)

9 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
33	Родионова Анна	239	—
34	Рутковский Илья	ФТШ	—
35	Силов Александр	116	30
36	Сокольский Станислав	239	—
37	Супрун Екатерина	239	35
38	Трофимов Даниил	ФТШ	Д1
39	Уланова Арина	239	Д3
40	Ходунов Павел	239	Рос
41	Морозов Александр	—	—

11 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
1	Бальков Андрей	ФТШ	—
2	Горбунова Елизавета	ФТШ	—
3	Крюков Михаил	ФТШ	—
4	Лашкевич Злата	ФТШ	—
5	Люлина Анастасия	ФТШ	—
6	Максакова Мария	ФТШ	—
7	Рау Владислава	239	—
8	Серов Юрий	ФТШ	Per
9	Томп Дмитрий	ФТШ	—

10 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
1	Андреев Константин	ФТШ	Д2
2	Аносов Семён	ФТШ	27
3	Антипов Егор	ФТШ	23
4	Беляков Михаил	239	Per
5	Блехштейн Максим	239	—
6	Буренёв Иван	ФТШ	Рос
7	Вахренёв Роман	239	59
8	Гордеева Людмила	ФТШ	—
9	Гуцол Ксения	ФТШ	Д2
10	Давыдова Алёна	239	Д3
11	Затылкин Павел	239	—
12	Затылкин Кирилл	239	—
13	Иванов Владислав	177	—
14	Капустин Александр	239	Д1
15	Качко Михаил	533	23
16	Киселёв Егор	239	34
17	Лихачёв Иван	30	52
18	Луцкий Георгий	ФТШ	52
19	Малышева Александра	ФТШ	Д1
20	Муретова Мария	239	Per
21	Портянкин Егор	ФТШ	Д3
22	Семёнов Александр	ФТШ	—
23	Сычёв Станислав	ФТШ	Рос
24	Эмануэль Владимир	ФТШ	36

В 8 классе работали: И.Е. Шендерович, Д.О. Соколов (аспиранты ПОМИ РАН), Н.И. Борздун (студентка 1-го курса ФФ СПбГУ), А.А. Свирина (студентка 1-го курса ФТФ СПбГПУ), А.Ю. Терехов (студент 1-го курса ММ СПбГУ).

В 9 классе работали: Н.В. Тараканов (преподаватель АУ РАН), И.А. Ходунов, А.В. Лизнов, Д.М. Максимова (студенты 2-го курса ФТФ СПбГПУ), Д.С. Максимишин (студент 1-го курса ФТФ СПбГПУ).

В 10 классе работали: О.В. Шустова, Ф.А. Затылкин (студент 3-го курса ФМФ СПбГПУ), Ф.А. Петухов (студент 2-го курса ФТФ СПбГПУ).

В 11 классе работали: И.А. Барыгин (к.ф.-м.н., учитель физики ФТШ), С.М. Атамась, В.В. Коваленко (студенты 4-го курса ФТФ СПбГПУ).

Также в работе ЛФШ принимали участие: А.В. Налитов (сотрудник ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН), Д.С. Смирнов (студент 5-го курса ФТФ СПбГПУ), В. Иванов (студент 3-го курса ФОПФ МФТИ), И.П. Михайлов (студент 2-го курса ФФ СПбГУ).

2. Ежедневные занятия.

2.1. 8 класс.

2.1.1. Теория.

Преподаватель: И.Е. Шендерович.

Целью курса было создание единой механической картины мира, в частности выявление связей между кинематикой и динамикой. Обсуждались основы физической картины мира. На примере простейших устройств и механизмов демонстрировались новые физические понятия, такие как мгновенная скорость, ускорение, энергия и импульс.

1. Масштабы физических величин. Время, расстояние и способы их измерения.
2. Перемещение материальной точки. Понятие мгновенной скорости.
3. Ускорение материальной точки как следствие непостоянства скорости. Демонстрация равноускоренного движения на примере шарика, скатывающегося с наклонной плоскости.
4. Векторы на плоскости. Правила сложения векторов. Проекции.
5. Понятие о силах. Различные виды сил.
6. Формулировка первого и второго законов Ньютона. Связь между ускорением и силой как связь между векторами. Масса как коэффициент пропорциональности между ускорением и силой.
7. Простейшие примеры применения второго закона Ньютона.
8. Третий закон Ньютона. Импульс. Закон сохранения импульса. Примеры применения — абсолютно неупругие столкновения.
9. Понятие об энергии. Кинетическая и потенциальная энергия тела. Сохранение энергии при абсолютно упругом соударении.
10. Потенциальная энергия в поле тяжести. Расчёт простых механизмов (рычаг, блок, гидравлический пресс) с помощью закона сохранения энергии.
11. Движение планет. Формулировка законов Кеплера. Связь между законами Кеплера и законами Ньютона. Закон всемирного тяготения.

2.1.2. Задачи.

Преподаватель: Д.О. Соколов.

Занятия по решению задач были призваны закрепить полученный теоретический материал. С каждой учебной группой было проведено семь занятий по решению задач, в ходе которых было рассмотрено около тридцати задач. Значительная часть из них была подобрана из заданий городской олимпиады по физике прошлых лет.

2.1.3. Эксперимент.

Преподаватели: И.А. Барыгин, А.Ю. Терехов, Н.И. Борздун, А.А. Свирина.

1. Введение. Общие понятия об эксперименте. Погрешности и борьба с ними.
2. Исследование упругости резинки.
Оборудование: резинка, линейка, груз известной массы.
3. Исследование математического маятника.
Оборудование: нитка, груз, секундомер, транспортир.
4. Измерение ускорения свободного падения с помощью данных, полученных в результате исследования математического маятника.
5. Измерение массы неизвестного груза с помощью рычажных весов.
Оборудование: линейка, нитка, груз известной массы, груз неизвестной массы.
6. Время реакции экспериментатора.
Оборудование: линейка.
7. Плотность пластилина (гидростатическое взвешивание).
Оборудование: линейка, нитка, пластилин, стакан с водой.

2.2. 9 класс.

2.2.1. Теория.

Преподаватель: Н.В. Тараканов.

2.2.2. Задачи.

Преподаватели: И.А. Ходунов, Д.М. Максимова.

2.2.3. Эксперимент.

Преподаватели: А.В. Лиознов, Д.С. Максимышин.

1. Согласно гипотезе Ньютона при упругом, но не абсолютно упругом ударе шарика о неподвижную поверхность отношение скоростей тел до удара и после удара есть величина постоянная. Это отношение называют коэффициентом восстановления. Проверьте гипотезу Ньютона для столкновения резинового и пластмассового шарика о деревянную и пластиковую поверхность.
Оборудование: Теннисный и резиновый шарики, деревянная доска, стол с пластиковым покрытием, линейка.

2. Исследование упругости резинки.
Оборудование: резинка, линейка, груз известной массы.
3. Исследование крутильного маятника.
Оборудование: линейка, нитка, секундомер, грузы, миллиметровка.
4. Отношение длин ниток в Y-образном маятнике.
Оборудование: нитки, грузики.
5. $\mu_{\text{покоя}}$ бруска о поверхность.
Оборудование: брусок, нитка, линейка.
6. $\mu_{\text{покоя}}/\mu_{\text{ск}}$ о деревянную линейку.
Оборудование: линейка, 2 карандаша/ручки.
7. $\mu_{\text{ск}}$ деревянной и пластмассовой линейки о поверхность стола.
Оборудование: отвес, деревянная и пластмассовая линейки, стол.

2.3. 10 класс.

2.3.1. Теория.

Преподаватель: О.В. Шустова.

1. Колебания. Периодические и непериодические. Свободные, вынужденные, параметрические, автоколебания. Гармонические колебания.
2. Проекция равномерного движения по окружности (координаты, скорости, ускорения) на одну ось. Частота, период, амплитуда, фаза.
3. Математический маятник.
4. Физический маятник.
5. Пружинный осциллятор.
6. Сложение колебаний одного направления и одинаковой частоты (метод вращающегося вектора амплитуды).
7. Биения
8. * Затухающие колебания.
9. * Вынужденные колебания. Резонанс.
10. Волны. Упругие, электромагнитные волны, волны на поверхности воды. Продольные и поперечные волны.
11. Уравнение бегущей волны. Длина волны, волновое число, фазовая скорость.
12. Принцип суперпозиции.

13. Когерентные волны. Интерференция.
14. ** Стоячая волна.
15. Звуковые волны. Область слышимости, тембр, громкость, шум, линейчатый спектр.
16. ** Эффект Доплера.
17. Спектр электромагнитных волн.

Темы, отмеченные знаком *, были пройдены только с группой, занимающейся по усиленной программе. Темы, отмеченные знаком **, были пройдены только с группой, занимающейся по обычной программе.

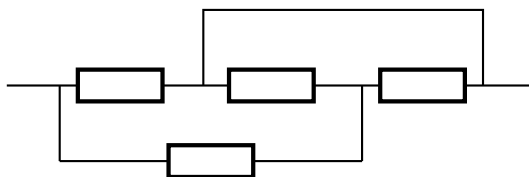
2.3.2. Задачи.

Преподаватели: И.А. Барыгин.

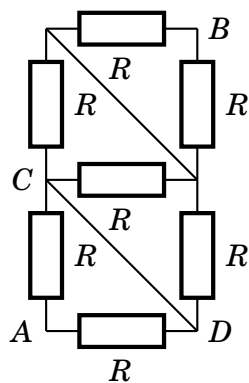
Электрические цепи.

1. Объединение точек с равным потенциалом.

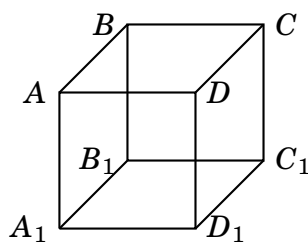
(а) (ГТК 13.15, б) Найдите сопротивление R цепи, показанной на рисунке. Сопротивление каждого резистора R_0 , сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь.



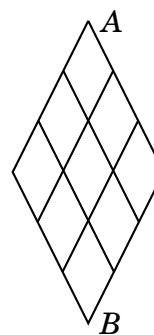
(b) К точкам A и B подводят напряжение U . Определите сопротивление цепи и силу тока в проводнике CD (см. рис. 1а).



(а)



(b)

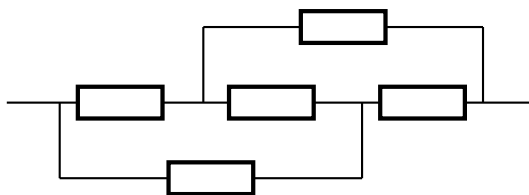


(с)

Рис. 1: Электрические цепи.

2. Цепи с симметрией.

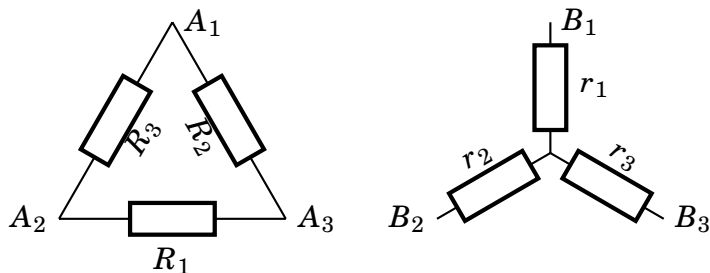
- (a) (ГТК 13.16) Найдите сопротивление R проволочного тетраэдра, включенного в цепь двумя вершинами. Сопротивление каждого ребра равно R .
- (b) Найдите сопротивление проволочного октаэдра между противоположными вершинами. Сопротивление каждого ребра равно R .
- (c) (ГТК 13.19) Найдите сопротивление проволочного куба между точками A_1 и C . Сопротивление каждого ребра равно R (см. рис. 1b).
- (d) (ГТК 13.21) Найдите сопротивление проволочного куба между точками A и A_1 . Сопротивление каждого ребра равно R (см. рис. 1b).
- (e) (ГТК 13.15, в) Найдите сопротивление R цепи, показанной на рисунке. Сопротивление каждого резистора R_0 , сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь.



- (f) (ГТК 13.23) Найдите сопротивление R цепи между точками A и B , если сопротивление каждого звена R (см. рис. 1c).

3. Несбалансированные мосты.

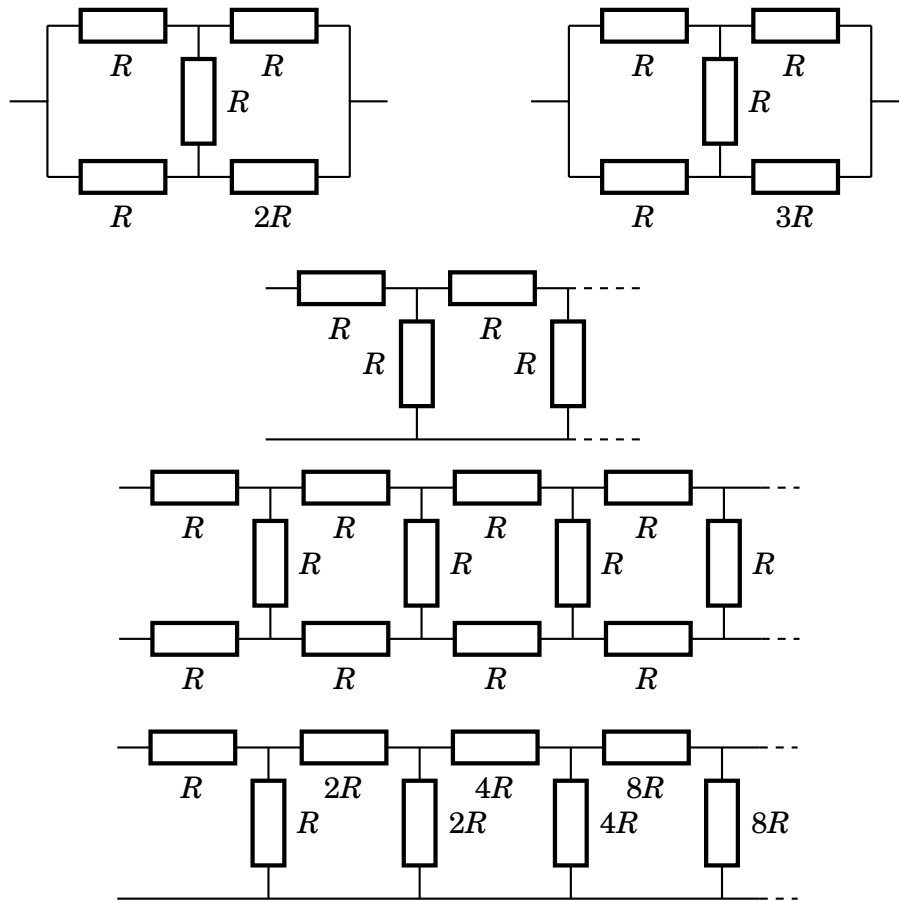
- (a) Зная сопротивления r_1 , r_2 и r_3 , подберите R_1 , R_2 и R_3 таким образом, чтобы сопротивления между следующими парами точек были равны: A_1-A_2 и B_1-B_2 , A_1-A_3 и B_1-B_3 , A_2-A_3 и B_2-B_3 .



- (b) Зная сопротивления R_1 , R_2 и R_3 , подберите r_1 , r_2 и r_3 таким образом, чтобы сопротивления между теми же парами точек были равны.
- (c) Определите сопротивление несбалансированного моста при помощи замены звезды на треугольник или треугольника на звезду.
- (d) Определите сопротивление несбалансированного моста при помощи метода узловых потенциалов.

4. Бесконечные цепи.

- (a) Определите сопротивление бесконечных цепей.



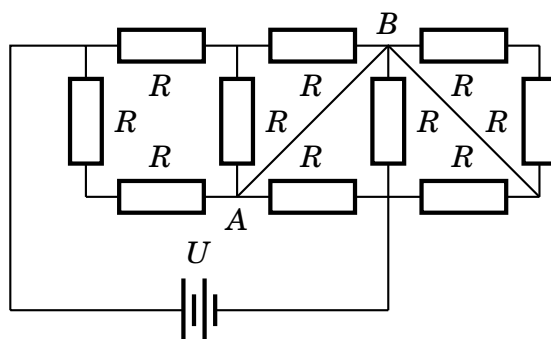
- (b) (Савченко 8.3.27, а) Если в бесконечной схеме, состоящей из квадратных ячеек, через один узел A подводят ток I , а через соседний узел B отводят ток I , то какой ток идёт по сопротивлению, соединяющему узлы A и B ? Каково эквивалентное сопротивление цепи между этими двумя узлами, если сопротивление стороны ячейки r ?

5. Неидеальные источники.

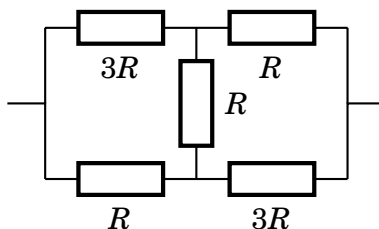
- (а) (По мотивам России-1996, 9 класс, задача 4) Источник с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r подключен к нагрузочному резистору, сила тока в цепи равна I . Определите мощность, выделяющуюся на нагрузке. Постройте график зависимости этой мощности от I . Определите максимальное значение мощности и сопротивление нагрузки, при котором оно достигается.
- (б) Два источника, имеющие ЭДС \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 и внутренние сопротивления r_1 и r_2 соответственно, соединены параллельно. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление эквивалентного источника.

6. Контрольная работа.

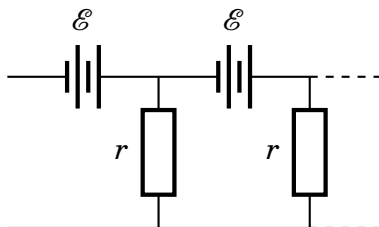
- (а) Определите силу тока в проводнике AB .



- (b) (ГТК 13.20) Найдите сопротивление проволочного куба между точками A_1 и D . Сопротивление каждого ребра равно R (см. рис. 1b).
- (c) Найдите сопротивление цепи.



- (d) (Россия-1997, 10 класс, задача 4, $r = R$) Очень длинная цепочка составлена из батарей с ЭДС $\mathcal{E} = 12$ В, внутренним сопротивлением $r = 4$ Ом и резисторов с таким же сопротивлением. Определите ЭДС \mathcal{E}_0 и внутреннее сопротивление r_0 эквивалентной батареи.



Результаты контрольной работы.

	1	2	3	4	Сумма
Сычёв	10	10	10	10	40
Беляков	10	10	10	6	36
Буренёв	10	10	5	10	35
Капустин	8	10	10	2	30
Андреев	6	6	10	2	24
Давыдова	8	10	6	0	24
Муретова	4	10	10	0	24
Семёнов	0	10	8	2	20
Малышева	0	10	7	0	17
Портянкин	0	10	0	0	10
Гуцол	1	2	4	0	7
Лихачёв	1	0	4	0	5
Идеалов	10	10	10	10	40

По результатам контрольной работы Иван Лихачёв был переведён в другую группу, а его место занял Роман Вахренёв.

Колебания.

1. Занятие 1.

- (a) (ГТК 7.15) На рисунке 2а показано положение равновесия колебательной системы — математического маятника с пружинной связью. Найдите период T малых колебаний системы. Каким станет период T' , если пружину заменить тонкой полоской резины той же длины и жёсткости?

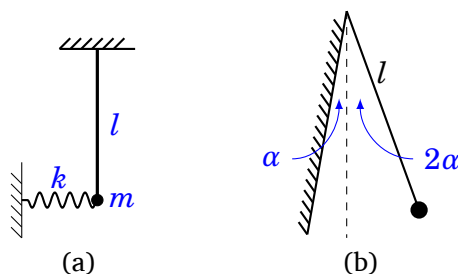


Рис. 2: К занятию 1.

- (b) (Савченко 3.3.11) К наклонной стене подвешен маятник длиной l . Маятник отклонили от вертикали на малый угол, в два раза превышающий угол наклона стены к вертикали, и отпустили (см. рис. 2b). Найдите период колебаний маятника, если удары о стену абсолютно упругие.
- (c) (По мотивам Савченко 3.2.10) Найдите период поперечных колебаний груза массы m , закреплённого посередине натянутой струны длины $2l$. Сила натяжения струны T .
- (d) (Савченко 3.2.2) Неподвижный груз, подвешенный на пружине, растягивает её, находясь в положении равновесия, на длину Δl . Каков период вертикальных колебаний груза?
- (e) (Дополнительная задача) Три шарика массой m каждый соединены в треугольник при помощи трёх одинаковых пружин, каждая жёсткости k . Шарикам придают равные скорости, направленные к центру треугольника. Определите период колебаний системы.

2. Занятие 2.

- (a) (Савченко 3.2.26) Найдите отношение частот колебаний молекулы H_2 и молекулы HD (D — атом дейтерия).
- (b) (Савченко 3.2.20) Как изменится частота колебаний маятника, представляющего собой груз на лёгком стержне, если к середине стержня прикрепить горизонтальную пружину жёсткости k ? На рисунке 3b изображено состояние равновесия.

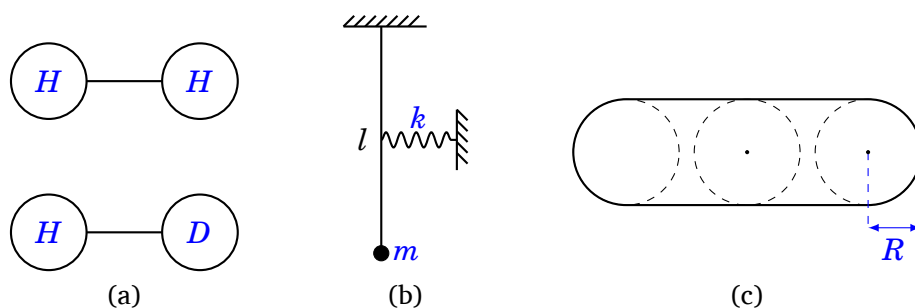


Рис. 3: К занятию 2.

- (с) (Савченко 3.2.9) На сколько отстают за сутки маятниковые часы, поднятые на высоту $h = 10$ км?
- (d) (Савченко 3.3.15) Стрелок пытается попасть в диск радиуса R , который колеблется гармонически так быстро, что стрелок не может за ним уследить (см. рис. 3с). Тогда он целится в центр области движения диска. С какой вероятностью стрелок попадёт в диск, если амплитуда колебаний диска $A \gg R$? Если $A = 2R$?
- (е) (Дополнительная задача) В условиях предыдущей задачи определите, куда нужно целиться, чтобы вероятность попасть в диск была максимальной, а также определите эту вероятность.

Результаты решения задач по колебаниям.

	1	2	3	4	+	5	6	7	8	+	Задачи	Рейтинг
Беляков	+	+	+	+	+	+	+	+	+	$\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	$65\frac{3}{4}$
Гуцол		+	+	+		+	+	+	$\frac{1}{2}$		$6\frac{1}{2}$	$36\frac{1}{2}$
Буренёв	+		+	+			+	+	$\frac{1}{2}$		$5\frac{1}{2}$	$32\frac{1}{2}$
Малышева		+	+	+			+	+	$\frac{1}{2}$		$5\frac{1}{2}$	$27\frac{1}{2}$
Давыдова		+	+	+		+			$\frac{1}{2}$		$4\frac{1}{2}$	$26\frac{1}{2}$
Вахренёв		+	+	+			+	+			5	24
Капустин	+	+	+	+							4	23
Сычёв		+					+	+	+		4	21
Муретова		+					+				2	8
Андреев									+		1	7
Портянкин							+				1	4
Семёнов											0	0
Сложность	9	4	5	5	11	9	4	6	7	$11\frac{1}{2}$		

2.3.3. Эксперимент.

Преподаватель: Ф.А. Затылкин.

2.4. 11 класс.

2.4.1. Теория.

Преподаватель: С.М. Атамась.

2.4.2. Задачи.

Преподаватель: В.В. Коваленко.

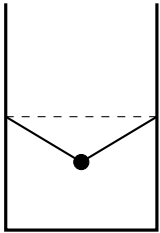
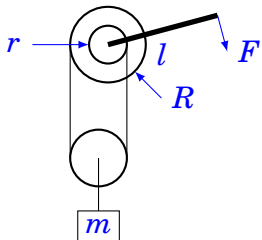
2.4.3. Эксперимент.

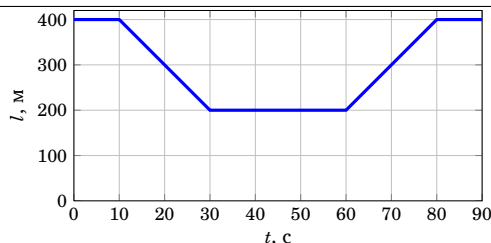
Преподаватель: С.М. Атамась.

3. Материалы физических боёв.

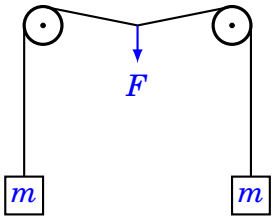
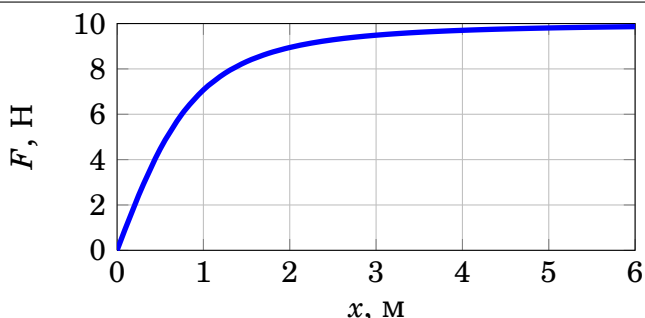
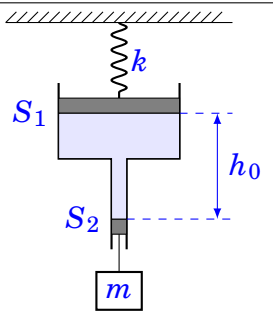
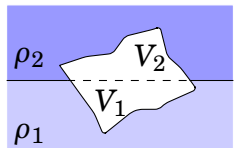
3.1. 8 класс.

3.1.1. Полуфинал.

1	Сплошной шарик подвешен в сосуде на двух одинаковых лёгких нитях, как показано на рисунке. Свободные концы нитей закреплены на одной высоте. После того как сосуд заполнили водой, и шарик оказался полностью погруженным в воду, натяжение нитей не изменилось. Определите плотность ρ материала, из которого изготовлен шарик. Плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$.	
2	Автомобиль проехал половину пути со скоростью $v_1 = 60 \text{ км/ч}$. Половину оставшегося времени движения он ехал со скоростью $v_2 = 15 \text{ км/ч}$, а последний участок пути — со скоростью $v_3 = 45 \text{ км/ч}$. Чему равна средняя скорость автомобиля на всем пути?	
3	В стакане с водой плавает деревянная шайба с цилиндрической дыркой. Оси шайбы и дырки параллельны. Площадь дна стакана S , площадь сечения дырки S_1 . Дырку осторожно наполняют доверху маслом. На какую высоту поднимется шайба, если вначале её выступающая из воды часть имела высоту h ? Плотность масла ρ , плотность воды ρ_0 . Известно, что всё масло осталось в дырке.	
4	Два одинаковых сообщающихся сосуда наполнены жидкостью плотностью ρ_0 и установлены на горизонтальном столе. В один из сосудов кладут маленький груз массой m и плотностью ρ . На сколько будут после этого отличаться силы давления сосудов на стол? Массой гибкой соединительной трубки с жидкостью можно пренебречь.	
5	Для облегчения подъёма грузов часто применяют ворот, состоящий из двух валов, неподвижно закреплённых на одной оси. При работе такого ворота трос, сматываясь с одного вала, одновременно наматывается на другой. Какую силу F нужно приложить к рукоятке ворота длиной l , чтобы груз массы m находился в равновесии? Весом блока и трением пренебречь. Радиус малого вала r , большого — R .	
6	На длинном прямом шоссе автомобили движутся с постоянной скоростью v_1 всюду, за исключением моста, на котором автомобили движутся с другой постоянной скоростью v_2 . На рисунке изображён график зависимости расстояния l между двумя едущими друг за другом автомобилями от времени t . Найдите скорости v_1 и v_2 .	



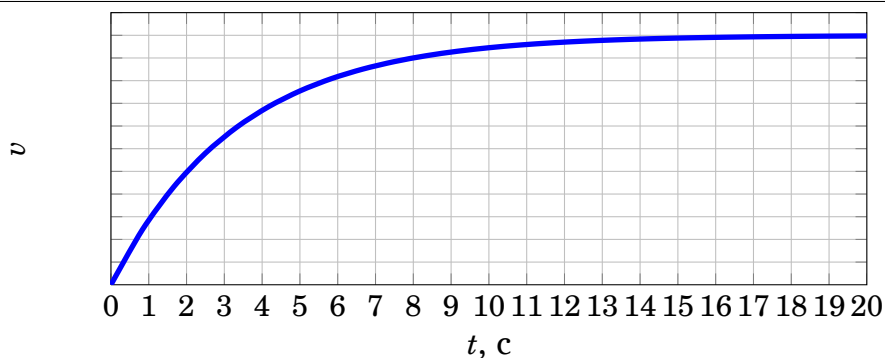
3.1.2. Финал.

1	Гирю, подвешенную к динамометру, опускают в воду, пока уровень воды в сосуде не поднимется на $\Delta h = 5$ см. Показания динамометра при этом изменилось на $\Delta F = 0,5$ Н. Определить площадь дна сосуда. Плотность воды $\rho = 1 \cdot 10^3$ кг/м ³ .	
2	Между городами А и Б по прямой дороге идут навстречу друг другу два пешехода. Первая встреча между ними произошла точно посередине дороги, сразу после встречи они с теми же скоростями пошли обратно, а дойдя до концов дороги снова повернули обратно — до следующей встречи и так далее. Вторая встреча произошла через час после первой, на расстоянии 0,5 км от середины дороги. Через какое время после этого и где именно произойдет встреча номер 8? Считайте, что пешеходы неутомимы. Скорость каждого пешехода меняется только по направлению, но не по величине.	
3	Через два неподвижных блока, находящихся на одной высоте, перекинута лёгкая нить, к концам которой прикреплены два груза одинаковой массы. Нить начинают медленно оттягивать вниз за точку, находящуюся посередине между блоками. График зависимости силы F , прикладываемой к нити, от смещения x этой точки приведён на рисунке. Найдите массу m каждого груза. Трения нет.	
		
4	В вертикально расположенном сосуде с сечениями S_1 и S_2 ($S_1 = 9S_2$) находятся два невесомых поршня. Пространство между поршнями заполнено водой. Концы сосуда открыты в атмосферу. К верхнему поршню прикреплена пружина жесткостью k , к нижнему подвешен груз массой m . В начальный момент времени пружина не растянута, поршни закреплены, расстояние между поршнями h_0 . На сколько просядет верхний поршень, если оба поршня отпустить?	
5	На пробку массой $m_{пр}$ намотана проволока из алюминия. Плотность пробки равна $\rho_{пр} = 0,5 \cdot 10^3$ кг/м ³ , алюминия $\rho_{ал} = 2,7 \cdot 10^3$ кг/м ³ , воды $\rho_в = 1 \cdot 10^3$ кг/м ³ . Определите, какую минимальную массу $m_{ал}$ проволоки надо намотать на пробку, чтобы пробка вместе с проволокой полностью погрузилась в воду.	
6	Тело плотностью ρ плавает на границе раздела двух жидкостей с плотностями ρ_1 и ρ_2 . Найдите отношение объёма тела, погруженного в нижнюю жидкость V_1 к объёму, находящемуся в верхней жидкости V_2 .	

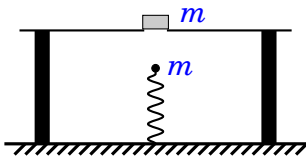
3.2. 9 класс.

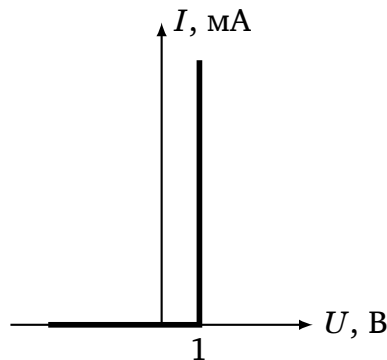
3.2.1. Полуфинал.

1	Над обрывом установлено орудие, позволяющее вести огонь в любом направлении. Снаряды имеют начальную скорость v_0 и взрываются в воздухе через время T после выстрела. На расстоянии l от орудия под углом φ к горизонту завис воздушный шар. Под каким углом к горизонту следует стрелять, чтобы снаряды взрывались как можно ближе к шару? Ускорение свободного падения g .
2	Тело массы $m = 70$ кг сброшено с большой высоты без начальной скорости. По графику зависимости скорости тела от времени определите тепловую мощность, выделяющуюся из-за трения о воздух в моменты времени $t_1 = 5$ с и $t_2 = 18$ с. При расчётах можно использовать значение $g = 10$ м/с ² .

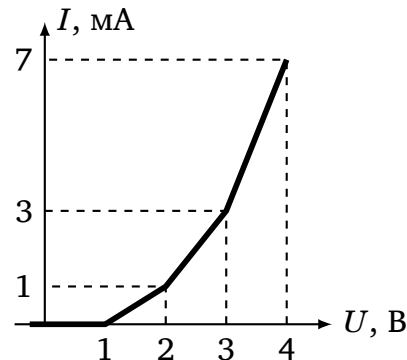


3	Бесконечная сетка с квадратными ячейками изготовлена из проволоки. Сопротивление каждого ребра сетки равно R . На рисунке C — середина ребра AB . Известно, что при подключении омметра между точками A и B он показывает сопротивление $R/2$. Какое сопротивление покажет омметр, подключенный между точками A и C ?	
4	Чтобы подключенная к сети электрогирлянда мигала, используется включенная в цепь биметаллическая пластинка, изгибающаяся при изменении температуры. При достижении некоторой температуры пластинки это приводит к размыканию цепи, а когда, остывая, пластинка достигает некоторой меньшей температуры, цепь вновь замыкается. При напряжении в сети $U_1 = 127$ В период мигания гирлянды (то есть, время между последовательными замыканиями цепи) равен $T_1 = 3.40$ с; при напряжении $U_2 = 220$ В период составляет $T_2 = 2.04$ с. Каким станет период мигания гирлянды, если напряжение в сети станет $U_3 = 380$ В? Считайте, что сопротивление как биметаллической пластинки, так и всей гирлянды не зависит от условий работы, а мощность теплообмена пластинки с окружающей средой в рабочем диапазоне температур практически постоянна.	

5	<p>Маленький шарик массы m, закреплённый на вертикальной пружине, расположили над столом с отверстием, в положении равновесия шарик находится посередине отверстия. Обнаружилось, что если шарик отклонить вниз на произвольное расстояние и отпустить, то он колеблется вокруг положения равновесия с периодом T_0. Над отверстием поставили тело массой m и снова вывели шарик из положения равновесия. Определить период колебаний системы, если известно, что максимальная скорость шарика v_m. Шарик и тело соударяются абсолютно упруго; тело, подскакивая, движется строго вертикально. Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения g.</p>	
6	<p>В вашем распоряжении имеется неограниченное количество резисторов произвольного сопротивления и диодов. Диоды пропускают ток только в одном направлении, при этом падение напряжения на них равно 1 В (см. рис. (a)). Какую схему нужно собрать, чтобы она имела такую зависимость тока от напряжения, как показано на рисунке (b)? Постарайтесь использовать как можно меньше элементов.</p>	

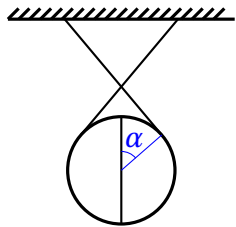
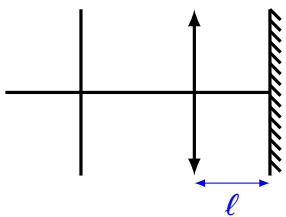


(a) BAX диода



(b) требуемая BAX

3.2.2. Специальный физбой.

1	На гладком горизонтальном столе лежит пачка бумаги, в которой 500 листов. Сотый лист (считая снизу) больше других. Его осторожно тянут в горизонтальном направлении. Каково максимальное ускорение, с которым может двигаться центр масс пачки (без учёта большого листа)? Коэффициент трения бумаги по бумаге равен $\mu = 0.2$.	
2	Два одинаковых гладких полуцилиндра, общая масса которых m , подвешены на невесомой нерастяжимой нити так, как показано на рисунке. Чему равна сила давления одного полуцилиндра на другой?	
3	Имеются две проволоки квадратного сечения, сделанные из одного и того же материала. Сторона сечения одной проволоки 1 мм, а другой 4 мм. Для того, чтобы расплавить первую проволоку, нужно пропустить через неё ток 10 А. Какой ток нужно пропустить через вторую проволоку, чтобы она расплавилась? Считать, что количество теплоты, уходящее в окружающую среду за 1 секунду, пропорционально разности температур проволоки и среды, а также площади поверхности проволоки, причём коэффициент пропорциональности для обеих проволок одинаков.	
4	Имеется батарейка с ЭДС ϵ_1 и внутренним сопротивлением r_1 , а также некоторое количество одинаковых батареек с ЭДС ϵ_2 . Если последовательно с батареей ϵ_1 подключить некоторое количество батареек ϵ_2 и нагрузку, то сила тока в цепи при любом количестве батареек ϵ_2 будет одинаковой. Если же к батарейке ϵ_1 параллельно подсоединить любое число батареек ϵ_2 и ту же нагрузку, то сила тока через нее останется равной прежнему значению. Полярности всех батарей считать одинаковыми. Найдите внутреннее сопротивление r_2 батареек ϵ_2 .	
5	За линзой на расстоянии $\ell = 4$ см (больше фокусного) расположено перпендикулярно главной оптической оси плоское зеркало. Перед линзой, также перпендикулярно главной оптической оси, расположен лист клетчатой бумаги. На это листе получают изображение его клеток при двух положениях листа относительно линзы. Эти положения отличаются на $L = 9$ см. Определить фокусное расстояние линзы.	
6	Найдите коэффициент полезного действия водометного двигателя реактивного катера, движущегося с постоянной скоростью. Площадь входного отверстия S_1 , выходного — S_2 .	

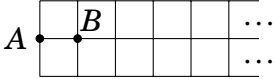
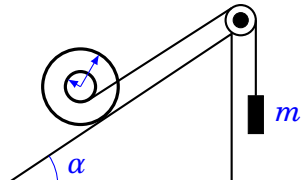
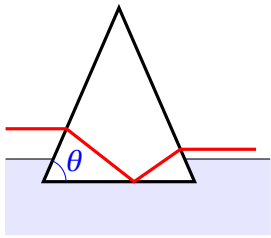
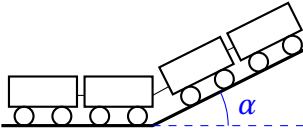
ПРОТОКОЛ СПЕЦИАЛЬНОГО ФИЗБОЯ.

№	Паша + Стас	5 капитанов + К	Ж
2	0	П.Х. ← ○ К.А. 1	11
1	6	П.Х. ○ → Д.М. 0	6
6	2	П.Х. ← ○ Т.К. 0	10
4	2	П.Х. ○ → Д.Т. 0 ← →	10
3	2	П.Х. ← ○ Е.Б. 0	10
5	-6	П.Х. ○ → Ф.Б. 0 ← →	18
Сумма	6	1	65

Павел Ходунов Станислав Крымский	Кирилл Антонов Дмитрий Морозов (к) Тимофей Кокурушников Даниил Трофимов Егор Богомолов Фарид Багиров	Дмитрий Соколов Игорь Шендерович
-------------------------------------	---	-------------------------------------

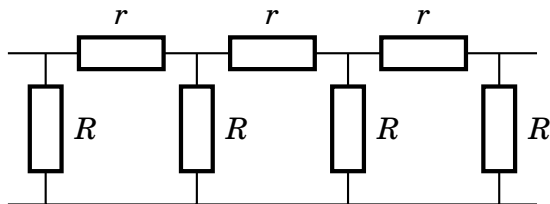
3.3. 10 класс.

3.3.1. Полуфинал.

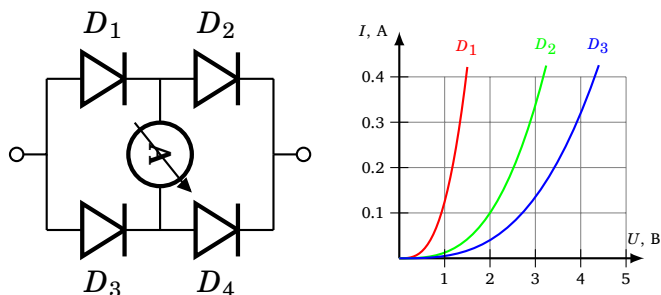
1	Большой сосуд массой m заполняют водой через небольшое отверстие в дне сосуда. Чтобы закачать воду массой M , пришлось совершить работу A . Отверстие открывают, и вода начинает вытекать. Одновременно поднимают сосуд так, чтобы верхняя граница воды в нем оставалась на одной и той же высоте относительно земли. Какую работу придется совершить до того момента, когда сосуд опустеет?	
2	Определите сопротивление полубесконечной цепочки между точками A и B , если сопротивление каждого звена равно R .	
3	На наклонной плоскости с углом α лежит катушка (внутренний радиус — r , внешний — R). На катушку намотана нить, свободный конец которой с привязанным к нему грузом массы m , перекинут через невесомый блок на вершине. Масса катушки M равномерно распределена по окружности радиуса R . Трение катушки о плоскость отсутствует. При каком значении угла наклона клина центр тяжести катушки будет оставаться в покое?	
4	В чайник с нагревательным элементом мощностью $P = 2200$ Вт налили $V_1 = 1.5$ л холодной воды и включили его. Когда вода закипела, он автоматически отключился. Через $t_1 = 60$ с его снова включили, а еще через $t_2 = 6$ с вода закипела и чайник выключился. Сразу после этого его еще раз включили, но сняв крышку. Автоматический выключатель, срабатывающий под давлением пара, перестал действовать, и вода из чайника начала выкипать. Через $t_3 = 240$ с после последнего включения измерили объем оставшейся воды. Он оказался равным $V_2 = 1.3$ л. Каково значение удельной теплоты парообразования воды L ? Удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·К), плотность $\rho = 1000$ кг/м ³ . Теплоемкостью чайника пренебречь.	
5	Стеклянная призма, имеющая в сечении равнобедренный треугольник, касается своим основанием поверхности воды. Луч света, идущий вдоль поверхности воды перпендикулярно оси призмы, преломляясь на первой поверхности призмы, испытывает полное внутреннее отражение от водной поверхности, преломляется на второй поверхности и вновь выходит в воздух. Показатели преломления стекла и воды равны n_1 и n_2 соответственно. Найдите минимальный угол θ — угол в основании призмы.	
6	Длинный железнодорожный состав, двигаясь по инерции, въезжает на горку с углом наклона α . Когда состав полностью остановился, на горке находилась половина его длины. Сколько времени прошло от начала подъема до остановки? Длина состава L , трением пренебречь.	

3.3.2. Финал.

- | | |
|---|--|
| 1 | Бесконечная цепочка, изображённая на рисунке, содержит резисторы сопротивлением R и r . Чему равно сопротивление измеренное между двумя узлами, между которыми находится n резисторов с сопротивлением r ? |
|---|--|



- | | |
|---|---|
| 2 | В схеме, изображенной на рисунке, имеются четыре диода. Известно, что при любом напряжении, подведенном к выводам схемы, ток через амперметр не течет. ВАХ трех диодов D_1 , D_2 и D_3 известны (см. график). Постройте ВАХ четвертого диода. |
|---|---|



- | | | |
|---|---|--|
| 3 | При слабом ударе футбольного мяча о стенку он деформируется как показано на рисунке. При этом деформация мяча x много меньше его радиуса и можно считать, что давление p воздуха в мяче в процессе удара не меняется. Масса мяча $m = 0.5$ кг, давление в нем $p = 2 \cdot 10^5$ Па, радиус мяча $R = 12.5$ см. Пренебрегая упругостью покрышки, найдите время соударения мяча со стеной. | |
| 4 | В облаке падает капля, имеющая изначально очень малые размеры и нулевую начальную скорость. Проходя через туман, капля сливается со всеми каплями, находящимися у нее на пути. Определите ускорение капли. | |
| 5 | Один конец тонкой гибкой веревки с линейной плотностью ρ тянут с постоянной горизонтальной скоростью на высоте над шероховатой поверхностью. Вторым концом веревки свободен. Длина части веревки, соприкасающейся с поверхностью равна l_1 . Найдите длину веревки l_2 , не касающейся поверхности. Коэффициент трения скольжения веревки по поверхности равен k . | |

6	<p>Большое число одинаковых плоских монет уложили плоскими сторонами вплотную друг к другу, разделив их круглыми кусочками бумаги, совпадающими по диаметру с монетами. Получившийся длинный цилиндр завернули бумагой в два слоя. Один из торцов этого цилиндра касается термостата, имеющего постоянную температуру T_1. Ближайшую к термостату монету и сам термостат отделяет кусочек бумаги толщиной h. Сам цилиндр находится в воздухе, температура которого T_0. Теплопроводность монет намного больше, чем теплопроводность бумаги. Диаметр монеты d, толщина монеты H. Толщина слоя бумаги h ($h \ll d$). Теплопроводность материала бумаги — k. Со временем установилось стационарное распределение температуры. Какое количество тепла получает цилиндр из монет от термостата в единицу времени?</p> <p><i>Указание.</i> Тепловой поток P сквозь тонкий слой вещества, площадь которого S, а толщина dx, равный количеству теплоты, проходящему сквозь этот слой в единицу времени, прямо пропорционален разности значений температуры его поверхностей dT и обратно пропорционален его толщине: $P = -kS(dT/dx)$, где k — коэффициент теплопроводности вещества.</p>
---	---

4. Физический хоккей.

Во всех классах в разное время смены проводился физический хоккей — командное соревнование, в ходе которого команды делятся на звенья («нападающие», «защитники», «вратари») и решают сравнительно простые задачи по физике. Особенность физического хоккея состоит в том, что в любой момент времени задачу решает только часть команды (например, нападающие одной команды играют против вратаря другой и т.д.). Если нападающие одной команды сумели провести «шайбу» (то есть, решить задачи правильнее и быстрее соперников) мимо нападающих, защитников и вратаря другой команды, то они забивают «гол», а шайба возвращается в центр поля. Как показывает практика, в ходе одной игры число забитых шайб может достигать до пяти.

4.1. 8 класс.

Номера задач по кн. «Сборник задач по физике для 7-9 классов общеобразовательных учреждений», авт. В.И. Лукашик, Е.В. Иванова: 137, 141, 155, 214, 281, 307, 323, 379, 428, 435, 451, 453, 498, 501, 502, 517, 524, 525, 529, 531, 532, 577, 581, 633, 641, 648, 650, 657, 749, 752, 754, 759, 781, 783.

4.2. 11 класс.

Номера задач по кн. «Сборник вопросов и задач по физике», авт. Н.И. Гольдфарб: 7.7, 7.12, 8.4, 8.30, 10.3, 12.5, 13.7, 13.12, 14.24, 15.14, 17.3, 17.21, 19.6, 19.19, 21.32, 23.38.

Номера задач по кн. «Задачи по физике», авт. О.Я. Савченко: 2.7.12, 2.7.33, 2.8.23, 4.2.5, 4.2.7, 5.1.1, 7.4.4.

5. Факультативы.

1. Комплексные числа.

Преподаватель: И.А. Барыгин.

Арифметические операции с комплексными числами. Комплексное сопряжение. Модуль и аргумент комплексного числа. Тригонометрическая и показательная форма комплексного числа. Основная теорема алгебры. Корни из -1. Формула Кардано.

2. Радиоэлектроника.

Преподаватели: С.М. Атамась и В.В. Коваленко.

Цифровая логика. Программирование микроконтроллеров. Операционные усилители. Конструирование измерительных (и не только) приборов.

3. Вращение твёрдых тел.

Преподаватель: И.Е. Шендерович.

Центр масс. Теорема о движении центра масс. Угловая скорость и ускорение. Энергия вращения. Момент инерции. Уравнение моментов. Момент импульса, теорема о его сохранении. Скамья Жуковского. Пример применения полученных знаний: движение шара для боулинга. Траектория движения. Влияние силы трения.

4. Теория относительности.

Преподаватель: Д.О. Соколов.

Преобразования Галилея и некоторые парадоксы. Аксиомы специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. «Парадоксы» преобразований Лоренца.

5. Как передвигаются животные?

Преподаватель: Д.С. Смирнов.

Механизм движения животных. Водоплавающие животные. Животные, способные ходить и бегать. Животные, способные прыгать и ползать. Маховый полёт.

6. Психология.

Преподаватель: Н.В. Тараканов.

7. Разрешение конфликтных ситуаций.

Преподаватели: Н.В. Тараканов и О.В. Шустова.

8. Полупроводники.

Преподаватель: А.В. Налитов.

Диэлектрики, полупроводники, металлы. Электроны, дырки. Генерация, рекомбинация. Концентрация от температуры. Собственная, примесная, n и p-тип. Глубокие примеси. Проводимость, подвижность. Дрейф, диффузия. Механизмы рассеяния. Зависимость проводимости от температуры. p-n переход. Диод, фотодиод, LED. Биполярный транзистор. Усилитель, ключ на биполярных транзисторах. Полевой транзистор.

6. День Экспериментатора.

6.1. 8 класс.

1. Толщина листа бумаги.
Оборудование: лист бумаги, линейка.
2. Диаметр булавки.
Оборудование: булавка, миллиметровка.
3. Высота дерева.
Оборудование: линейка.
4. Плотность масла.
Оборудование: трубочки, масло, вода, линейка.
5. Скорость вытекания воды из крана.
Оборудование: секундомер, линейка, кружка.

6.2. 9 класс.

1. Прочность волоса.
Оборудование: миллиметровка, груз известной массы, нитка, Дина.
2. Разрешающая способность глаза.
Оборудование: линейка.
3. Сила сжатия прищепки.
Оборудование: груз известной массы, прищепка, нить, линейка.
4. Диаметр внутренней иглы шприца.
Оборудование: секундомер, линейка, шприц.
5. Масса куска миллиметровки.
Оборудование: миллиметровка (прямоугольный кусок), монета известной массы.
6. Теплоёмкость тела.
Оборудование: горячая вода, тело, термометр, секундомер.

6.3. 10 класс.

1. Высота облаков.
Оборудование: линейка.
2. Сила отрыва скотча от мотка.
Оборудование: скотч, резинка, линейка, монетки.
3. Угловой размер Солнца.
Оборудование: линейка, бумага, ручка.

4. Отношение масс двух грузов.

Оборудование: нитка, линейка, грузы (камни).

5. Момент инерции тела.

Оборудование: линейка, миллиметровка, тело, секундомер, весы.

6. Чёрный ящик.

Оборудование: чёрный ящик (два резистора и диод), батарейка, мультиметр.

6.4. 11 класс.

1. Высота облаков (длина футбольного поля).

Оборудование: линейка.

2. Потеря энергии при столкновении двух монет.

Оборудование: миллиметровка, линейка, две монеты.

3. Отношение радиуса острия булавки к радиусу её головки.

Оборудование: булавка, фольга, миллиметровка.

4. Чёрный ящик.

Оборудование: чёрный ящик (конденсатор и два резистора), мультиметр, батарейка.

5. Коэффициент трения верёвки о трубу.

Оборудование: верёвка.

6. Отношение ёмкостей конденсаторов.

Оборудование: мультиметр, два конденсатора.

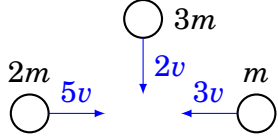
7. Заключительные контрольные.

7.1. 8 класс.

Теория.

1	Сформулируйте первый закон Ньютона.
2	Куда направлено ускорение при движении материальной точки по окружности с постоянной скоростью?
3	Чем отличается абсолютно упругий удар от абсолютно неупругого?

Задачи.

4	Три куска пластилина сталкиваются в одной точке. Скорость и массы указаны на рисунке. Считая удар абсолютно неупругим, найдите скорость получившегося куска.	
5	Самолёт, летевший прямолинейно с постоянной скоростью 360 км/ч, стал двигаться с постоянным ускорением 9 м/с^2 в течение 10 с в том же направлении. Какой скорости достиг самолёт и какое расстояние он пролетел за это время?	
6	Чтобы измерить массу линейки, на один из её концов положили груз массой 250 г и начали выдвигать этот конец за край стола. Линейка находилась в равновесии до тех пор, пока её не выдвинули на четверть длины. Чему равна масса линейки?	

Эксперимент.

7	Правильно округлите приближенные величины: $45,3445 \pm 0,753$, $0,3734 \pm 0,1126$, 543345 ± 432 .
8	Автомобиль двигался со скоростью $v = (60 \pm 5) \text{ км/ч}$ в течение времени $t = (12,0 \pm 0,5) \text{ мин}$. Какое расстояние прошел автомобиль?
9	При проведении эксперимента были получены данные, представленные в таблице. Постройте по этим данным график зависимости $l(t)$.

$t, \text{ с}$	$\Delta t, \text{ с}$	$l, \text{ см}$	$\Delta l, \text{ см}$
0,5	0,2	7,2	1,0
1,0	0,2	31,3	1,0
1,3	0,2	49	2
1,7	0,2	97	3
2,0	0,2	114	5
2,2	0,2	144	5

Другое.

10	Во сколько начинается обед?
11	Перечислите вожатых 11 класса.
12	Вставьте пропущенные слова: «Я __ __ __, и я становлюсь всё дороже».

Результаты.

Фамилия, имя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Сумма
Чижикова Виктория	5	5	5	10	10	15	4	8	10	2	0	0	74
Жмудь Богдан	5	5	5	10	10	15	0	6	8	0	0	0	64
Богомолов Михаил	5	5	3	10	10	0	6	9	7	2	0	0	57
Коган Анна	5	5	5	10	6	5	2	9	10	0	0	0	57
Усачёва Мария	5	5	2	10	6	2	4	9	9	2	2	0	56
Люлина Алёна	5	5	5	10	8	5	0	9	5	0	2	0	54
Захаров Алексей	5	5	5	10	10	5	4	0	8	0	1	0	53
Болотовский Владислав	5	5	2	10	10	5	2	7	4	2	0	0	52
Нагавкина София	5	5	2	10	10	0	4	6	9	1	0	0	52
Осколков Денис	5	5	5	10	10	7	4	0	2	2	0	0	50
Румянцева Ольга	5	5	5	10	4	0	2	7	7	2	1	0	48
Дроздов Дмитрий	5	5	5	10	8	2	0	8	2	2	0	0	47
Елфимова Олеся	5	5	2	10	10	7	0	0	3	2	1	0	45
Яковлев Егор	3	5	2	2	6	10	0	6	6	2	0	0	42
Репетун Лада	5	5	5	0	5	2	4	3	6	0	0	0	35
Марченко Максим	3	5	5	10	4	2	2	0	0	2	0	0	33
Беличенко Дмитрий	5	0	2	3	5	2	0	8	4	2	1	0	32
Семченко Дмитрий	5	5	5	2	10	0	0	0	2	2	0	0	31
Дементьева Маргарита	5	5	5	2	0	2	0	0	5	0	2	2	28
Богданова Полина	5	5	1	0	0	0	0	0	10	2	1	2	26
Терехов Александр	0	5	5	2	4	2	0	0	5	2	0	0	25
Антонюк Валерий	5	0	4	0	0	0	0	0	9	2	0	2	22
Чекулаев Сергей	2	0	0	0	4	2	0	7	4	2	0	0	21
Беляков Леонид	5	0	2	0	5	0	0	0	4	0	0	0	16
Жмаев Платон	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Середняков Середняк</i>	4.3	4	3.5	6.	6.3	3.6	1.5	4.1	5.6	1.3	0.44	0.24	40.64
<i>Идеалов Идеал</i>	5	5	5	10	10	15	6	9	10	2	2	2	81

7.2. 10 класс.

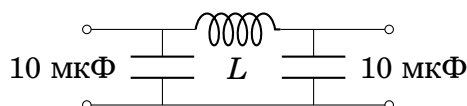
7.3. 11 класс.

Теория.

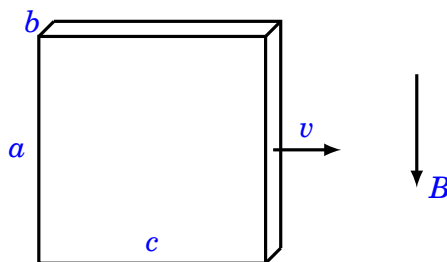
1	В чём заключается явление самоиндукции?
2	С помощью каких уравнений можно вычислить электромагнитные поля, создаваемые системой движущихся зарядов? Напишите их.
3	Допустим, вы хотите собрать колебательный контур с собственной частотой 100 кГц. Элементы каких номиналов выбрать?

Задачи.

4	Подберите индуктивность в схеме так, чтобы амплитуда напряжения на выходе фильтра при частоте 100 Гц была в 10 раз меньше амплитуды на входе.
---	---



5	По орбите радиуса R вокруг протона вращается электрон. Как изменится частота обращения электрона по этой орбите, если система будет помещена в слабое магнитное поле индукции B , направленное вдоль оси вращения?
6	Металлический брусок, размеры которого $a \times b \times c$ ($b \ll a, c$) движется со скоростью v в магнитном поле индукции B так, как показано на рисунке. Найдите разность потенциалов между боковыми сторонами бруска и поверхностную плотность зарядов на них.



Другое.

7	Сколько лет вожатым 8 класса?
8	Кто из вожатых за кого из Кирпичей зачитывает «Давай Микрофон»?
9	Какой адрес у сайта Летней Физической Школы?

Результаты.

Фамилия, имя	Сумма
Томп Дмитрий	28
Люлина Анастасия	20
Максакова Мария	16
Бальков Андрей	11
Лашкевич Злата	9
Крюков Михаил	8
Рау Владислава	7
<i>Идеалов Идеал</i>	56