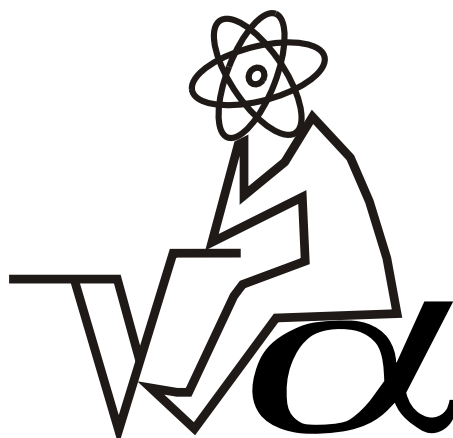


XVII Летняя Физическая Школа
15 июля – 4 августа 2011

Сборник материалов



Санкт-Петербург
2011

Содержание

1	Участники ЛФШ.	3
1.1	8 и 9 класс.	3
1.2	10 и 11 класс.	4
2	Ежедневные занятия.	4
2.1	8 класс.	4
2.1.1	Теория.	4
2.1.2	Эксперимент.	4
2.2	9 класс.	5
2.2.1	Теория.	5
2.2.2	Эксперимент.	5
2.3	Смешанная группа 8–9 классов.	5
2.3.1	Теория.	5
2.3.2	Эксперимент.	5
2.4	10 класс.	6
2.4.1	Теория.	6
2.4.2	Эксперимент.	6
2.5	11 класс.	6
2.5.1	Теория.	6
2.5.2	Эксперимент.	7
3	Факультативы.	8
4	День Экспериментатора.	9
4.1	8 класс.	9
4.2	9 класс.	9
4.3	10 класс.	10
4.4	11 класс.	10
5	Материалы физических боёв.	11
5.1	Физбой 8 класса.	11
5.1.1	Полуфинал.	11
5.2	Физбой 9 класса.	13
5.2.1	Полуфинал.	13
5.2.2	Финал.	15
5.3	Физбой 10 класса.	17
5.4	Физбой 11 класса.	18
6	Заключительные контрольные.	21
6.1	10 класс.	21
6.2	11 класс.	21

1 Участники ЛФШ.

1.1 8 и 9 класс.

8 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
1	Артамонов Николай	239	47
2	Багиров Фарид	533	Д1
3	Баринев Фёдор	239	Д3
4	Богомолев Егор	92	ПО
5	Бомов Фёдор	292	56
6	Галкин Георгий	—	—
7	Гера Станислава	534	Д3
8	Грибакин Борис	74	50
9	Громов Даниил	Ун.	24
10	Гуменюк Виталий	92	66
11	Жибарев Георгий	533	Д3
12	Йона Андрей	152	—
13	Кокурушников Тимофей	239	Д2
14	Коробов Артём	2	48
15	Кутимский Максим	239	—
16	Лебедев Александр	—	14
17	Мастеров Роман	366	58
18	Морозов Дмитрий	239	Д2
19	Олейник Дарья	239	53
20	Охотников Артём	239	Д2
21	Петров Степан	30	Д2
22	Приходько Алексей	366	ПО
23	Родионова Анна	239	54
24	Рутковский Илья	78	46
25	Сокольский Станислав	366	33
26	Староказников Александр	344	ПО
27	Трофимов Даниил	101	Д3
28	Уланова Арина	533	Д2
29	Усачёва Мария	295	23
30	Ходунов Павел	239	Д1
31	Шубин Григорий	550	42

9 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
1	Агафонов Игорь	533	ПО
2	Андреев Константин	ФТШ	Д2
3	Беляков Михаил	239	Д1
4	Блехштейн Максим	239	Д3
5	Буренев Иван	ФТШ	Д3
6	Вахренев Роман	239	44
7	Глезеров Евгений	73	—
8	Гордеева Людмила	ФТШ	16
9	Гуцол Ксения	ФТШ	ПО
10	Затылкин Павел	239	47
11	Затылкин Кирилл	239	40
12	Иванов Владислав	177	Д3
13	Киселев Егор	239	Д3
14	Коско Софья	239	Л
15	Кравченко Дмитрий	—	40
16	Куксенок Даниил	533	ПО
17	Лихачев Иван	30	44
18	Луцкий Георгий	ФТШ	ПО
19	Малышева Александра	ФТШ	39
20	Муретова Мария	239	Д1
21	Никоненко Михаил	393	—
22	Осипов Игорь	571	—
23	Портянкин Егор	ФТШ	65
24	Семенов Александр	ФТШ	31
25	Сычёв Станислав	ФТШ	Д1
26	Хвещук Анастасия	470	—
27	Цейтина Елена	ФТШ	41

В 8 классе работали: Н.В. Тараканов, М.В. Евтихий (студент 3-го курса ФТФ СПбГПУ), А.В. Лиознова (студентка 3-го курса ФТФ СПбГПУ), И. Авдеев, А. Лиознов (студенты 1-го курса ФТФ СПбГПУ), Д. Максимова (студентка 1-го курса ФТФ СПбГПУ), С. Богданов (студент 1-го курса ФФ МГУ).

В 9 классе работали: О.В. Шустова (студентка 6-го курса ФТФ СПбГПУ), Ф. Затылкин (студент 2-го курса ФМФ СПбГПУ), А. Коротченков (студент 2-го курса ФТФ СПбГПУ), Ф. Петухов (студент 1-го курса ФТФ СПбГПУ).

1.2 10 и 11 класс.

10 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
1	Бальков Андрей	261	37
2	Вишняк Сергей	ФТШ	41
3	Водопьян Даниил	239	Р
4	Грудкин Антон	239	Д1
5	Егоров Антон	ФТШ	Р
6	Иващенко Дмитрий	239	32
7	Капралов Николай	ФТШ	46
8	Конаныхин Роман	ФТШ	Д1
9	Крюков Михаил	ФТШ	31
10	Лашкевич Злата	ФТШ	24
11	Люлина Анастасия	ФТШ	27
12	Максакова Мария	ФТШ	39
13	Мосягин Иван	214	42
14	Погодаев Илья	610	ПО
15	Рау Владислава	239	46
16	Серов Юрий	ФТШ	Р
17	Томп Дмитрий	ФТШ	Д3
18	Ярковой Алексей	557	24

11 класс

№	Фамилия, имя	Шк.	Д/б
1	Балашов Александр	30	—
2	Борздун Наталья	239	—
3	Грачёв Дмитрий	М	—
4	Жаровов Дмитрий	239	—
5	Косицын Александр	239	—
6	Максимишин Дмитрий	239	—
7	Маслов Артём	ФТШ	Р
8	Матюшин Георгий	ФТШ	Д1
9	Михайлов Кирилл	239	—
10	Никитин Денис	239	Р
11	Свирина Анна	239	—
12	Смирнов Иван	214	Д2
13	Терехов Антон	239	Р
14	Толстомятов Всеволод	239	—
15	Трофимов Павел	ФТШ	—
16	Чурилова Мария	ФТШ	—
17	Шалымов Роман	239	Д3

В 10 классе работали: И.А. Барыгин (к.ф.–м.н., преподаватель ФТШ), С. Атамась, В. Коваленко (студенты 3-го курса ФТФ СПбГПУ).

В 11 классе работали: И.Е. Шендерович, Д.О. Соколов (аспиранты ПОМИ РАН), Д.С. Смирнов (студент 4-го курса ФТФ СПбГПУ).

2 Ежедневные занятия.

2.1 8 класс.

2.1.1 Теория.

Преподаватель: Н.В. Тарakanов.

2.1.2 Эксперимент.

Преподаватели: А. Лиознова, Д. Максимова, И. Авдеев.

1. Общие понятия о физическом эксперименте. Написание отчёта по эксперименту.
2. Составление плана местности в декартовых координатах.
Оборудование: линейка, два перпендикулярных друг другу ориентира (дорога и забор).
3. По КП, на которых написаны координаты следующей точки в декартовых или полярных координатах, пройти трассу.
Оборудование: компас, рулетка.
4. Построить и отградуировать на 1 минуту водяные или песочные часы.
Оборудование: песок, вода, скотч, одноразовые стаканчики, бутылка, пластилин, бумага.

5. Измерить скорость муравья.
Оборудование: нитка, линейка, секундомер.
6. Измерить ускорение свободного падения.
Оборудование: груз известной массы, линейка, секундомер.
7. Измерить трение покоя между линейкой и грузом.
Оборудование: камень, две линейки.
8. Исследовать зависимость пути тела от угла бросания.
Оборудование: резинка, камень, линейка.
9. Измерить величину центростремительного ускорения.
Оборудование: камень, нитка, секундомер.
10. От чего зависит период колебания маятника?
Оборудование: грузики, нитки, секундомер.

2.2 9 класс.

2.2.1 Теория.

Преподаватель: О.В. Шустова.

1. Системы координат. Векторы. Скорость. Масса. Импульс.
2. Равноускоренное движение. Графическое представление.
3. Потенциальные и непотенциальные силы. Работа. Потенциальная энергия.
4. Кинетическая энергия. Закон сохранения энергии.
5. Закон сохранения импульса. Абсолютно упругое/неупругое соударение.
6. Центр масс. Закон движения центра масс.
7. Движение по окружности. Момент силы, момент импульса.
8. Момент инерции. Расчёт для разных тел.
9. Уравнение моментов.

2.2.2 Эксперимент.

Преподаватели: Ф. Затылкин, Ф. Петухов.

2.3 Смешанная группа 8–9 классов.

2.3.1 Теория.

Преподаватель: Н.В. Тараканов.

2.3.2 Эксперимент.

Преподаватели: С. Богданов, А. Лиознов.

2.4 10 класс.

2.4.1 Теория.

Преподаватель: С. Атамась.

2.4.2 Эксперимент.

Преподаватель: И.А. Барыгин.

1. Измерить отношение масс двух грузов.
Оборудование: два груза, нитки, миллиметровка.
2. ВАХ нелинейного элемента.
Оборудование: источник постоянного тока, провода, реостат, мультиметр, лампочка.
3. Измерение скорости вытекания воды из крана.
Оборудование: линейка.
4. Измерение отношения длин ниток Y-образного маятника.
Оборудование: нитки, грузики.
5. Измерить жесткость каучукового шарика.
Оборудование: каучуковый шарик, вода, линейка, гуашь.
6. Измерить коэффициент трения линейки по столу.
Оборудование: две деревянные линейки.
7. Измерить зависимость мощности теплоотдачи от разницы температур.
Оборудование: горячая вода, мерный стакан или линейка, термометр для воды, часы, сосуд.

2.5 11 класс.

2.5.1 Теория.

Преподаватели: И.Е. Шендерович, Д.О. Соколов.

1. Введение. Требуемые объяснения экспериментальные факты.
2. Векторный анализ. Циркуляция и поток. Градиент, дивергенция и ротор. Теорема Стокса и теорема Гаусса–Остроградского.
3. Электростатика. Теорема Гаусса. Потенциал электростатического поля.
4. Переход к движущимся зарядам. Уравнение неразрывности электрического заряда, его физический смысл.
5. Уравнение Максвелла для ротора магнитного поля. Магнитостатика. Закон Био – Савара – Лапласа, закон Ампера. Примеры: поле кругового тока, поле соленоида, поле длинного провода.
6. Ток смещения, его физический смысл. Задача о разрядке конденсатора.
7. Электромагнитные волны. Закон индукции Фарадея как необходимое условие для их существования. Сила Лоренца. Примеры.

8. Физика индукции. Примеры возникновения ЭДС индукции.
9. Движущееся электромагнитное поле. Скорость волны и скорость света.
10. Пример полного решения уравнений Максвелла: переменное поле в цилиндрическом конденсаторе. Функция Бесселя.
11. Применение уравнений Максвелла к электрическим цепям. Законы Кирхгофа. Примеры расчёта схем.
12. Введение в теорию относительности. Инерциальные системы отсчета. Противоречия преобразований Галилея и уравнений Максвелла (на основе задачи о пластинах). Постулат об инвариантности скорости света. Введение системы аксиом.
13. Интервал. Физический смысл интервала. Интервал, как аналог расстояния. Инвариантность интервала.
14. Повороты. Преобразования Лоренца для координат. «Парадоксы» (неинерциальные системы отсчета, задача о трубе).
15. Преобразования Лоренца для скоростей. Сравнение преобразований Лоренца и преобразований Галилея (малые скорости, некоммутативность). Простые задачи на преобразование Лоренца.
16. Обзорный рассказ про преобразование для полей. Схема строгого рассуждения (введение векторного потенциала).

2.5.2 Эксперимент.

Преподаватель: Д.С. Смирнов.

Идеи большинства экспериментов взяты из книги С.Д. Варламова, А.Р. Зильбермана, В.И. Зинковского «Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах».

1. Найти отношение массы монеты к массе листа миллиметровки.
Оборудование: монета, миллиметровка.
2. Найти закон распределения времени, отмеряемого внутренними часами. Экспериментатор должен сто раз отмерить по внутренним часам 10 секунд и сравнить результат с истинным.
3. Определить плотность и массу куска пластилина.
Оборудование: мерный стакан, миллиметровка.
4. Измерить расстояние между бороздками CD.
Оборудование: лазерная указка известной длины волны, линейка.
5. Измерить и объяснить ВАХ лампочки накаливания.
Оборудование: батарейка 9В, реостат 10КОм, провода, мультиметр.
6. Определить схему и номиналы элементов в чёрном ящике.
Оборудование: мультиметр.
7. Определить теплоту плавления припоя.
Оборудование: свечка, мерный стакан, термомпара, вода.
8. Определить отношение частот всех мод двойного маятника.
Оборудование: пластилин, нитки, секундомер.

3 Факультативы.

1. Квантовая механика.

Преподаватель: М.В. Евтихийев.

История возникновения, формула Планка и фотоэффект. Атом. Модели атома, падение заряда на ядро и постулаты Бора. Дифракция и интерференция. Опыт по дифракции электронов, волна де Бройля. Амплитуда вероятности, принцип неопределенности.

2. Статистическая физика.

Преподаватель: И.Е. Шендерович.

Задачи статистической физики. Вероятности в физике. Флуктуации. Связь вероятности флуктуации и минимальной работы в термодинамических системах. Распределение газа в закрытом сосуде: пример нормального распределения. Понятия среднего и среднеквадратичного. Статвес. Энтропия. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла.

3. Явления переноса.

Преподаватель: И.А. Барыгин.

Явление диффузии. Задача о пьяном матросе. Связь коэффициента диффузии с длиной свободного пробега. Уравнение диффузии и его функция Грина. Теплопроводность. Температуропроводность. Вязкость, динамическая и кинематическая.

4. Радуга.

Преподаватель: Д.С. Смирнов.

Каков размер радуги? В какой последовательности в ней идут цвета? Где небо светлее: внутри радуги или снаружи? Сколько колец радуг можно увидеть одновременно? Какая последовательность цветов во всех этих кольцах? Поляризована ли радуга?

5. Основы астрофизики.

Преподаватель: В. Коваленко.

Электромагнитное излучение. Понятие о фотометрии. Ослабление света при прохождении сквозь вещество. Понятие спектра. Тепловое излучение. Спектр чернотельного излучения. Формула Планка, приближения Рэлея–Джинса и Вина. Закон смещения Вина. Спектры звезд. Спектральные линии. Эффект Доплера. Смещение спектральных линий. Расширение спектральных линий. Спектральные приборы. Методы анализа наблюдений. Солнце. Общие сведения. Химический состав и спектр. Термоядерные реакции. Нейтринные детекторы на Земле. Фотосфера. Общие сведения о звездах. Спектры и светимости. Показатель цвета. Спектральные классы, связь с температурой. Абсолютная звездная величина и светимость. Методы определения светимости и других характеристик далеких звезд. Статистические зависимости между основными характеристиками. Диаграмма Герцшпрунга–Рессела. Главная последовательность.

6. Тензоры в физике.

Преподаватель: О.А. Хромов.

7. Введение в теоретическую механику.

Преподаватель: Д.О. Соколов.

Введение. Мотивация. Функция Лагранжа. Примеры. Метод вариаций. Статика. Форма верёвки в поле тяжести. Движение в поле тяжести. Законы сохранения: энергия, импульс, момент импульса.

4 День Экспериментатора.

4.1 8 класс.

1. Высота дерева.
Оборудование: линейка.
2. Амплитуда дрожания рук.
Оборудование: лазерная указка, миллиметровка.
3. Толщина листа бумаги.
Оборудование: лист бумаги, линейка.
4. Длина футбольного поля.
Оборудование: линейка.
5. Коэффициент жёсткости резинки.
Оборудование: резинка, линейка, груз известной массы, скотч.
6. Плотность пластилина.
Оборудование: мерный стакан, стакан с водой, пластилин, линейка, груз известной массы.

4.2 9 класс.

1. Прочность волоса.
Оборудование: миллиметровка, груз, линейка, скотч.
2. Диаметр иглы шприца.
Оборудование: секундомер.
3. Скорость вытекания струи из крана.
Оборудование: линейка.
4. Диаметр булавки.
Оборудование: фольга, миллиметровка.
5. Сила сжатия прищепки.
Оборудование: бумага, грузики, прищепка, нить.
6. Теплоёмкость.
Оборудование: вода, груз, тело, термометр.
7. Плотность воды от температуры.
Оборудование: термометр, шприц, горячая и холодная вода.

4.3 10 класс.

1. Измерить силу, необходимую для разрыва волоса.
Оборудование: волос, миллиметровка, груз известной массы.
2. Измерить теплоёмкость тела.
Оборудование: тело, мерный стакан, горячая вода, термометр.
3. Отношение ёмкостей конденсаторов.
Оборудование: мультиметр, батарейка.
4. Измерить внутренний диаметр шприца.
Оборудование: шприц, линейка, секундомер, вода.
5. Фокусное расстояние линзы.
Оборудование: линза, линейка, лазерная указка.
6. ЧЯ (4 резистора квадратиком).
Оборудование: ЧЯ, мультиметр, батарейка.
7. Момент инерции тела.
Оборудование: линейка, миллиметровка, тело, секундомер.

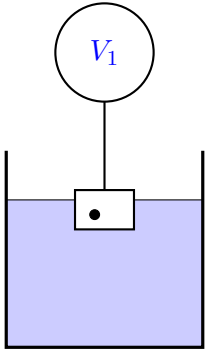
4.4 11 класс.

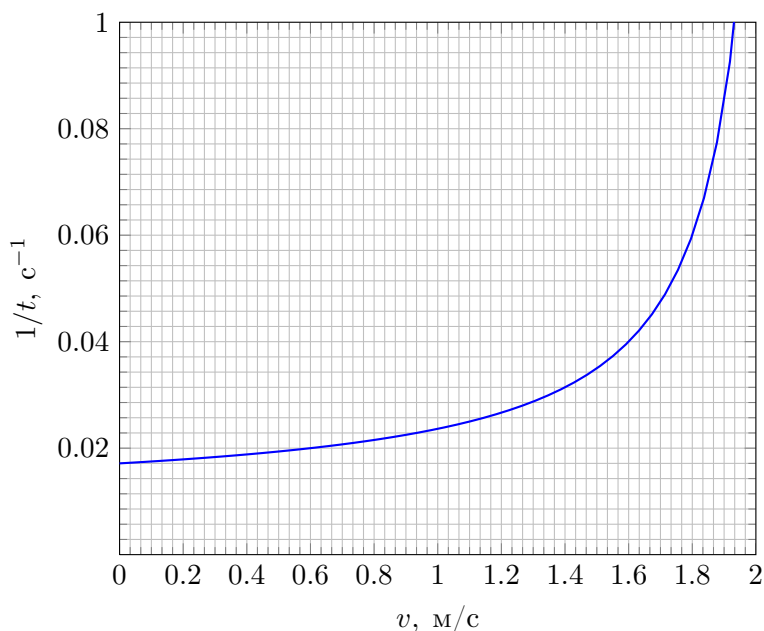
1. Скорость вытекания струи из крана.
Оборудование: линейка.
2. Отношение ёмкостей.
Оборудование: мультиметр.
3. Отношение теплопроводностей двух проволок.
Оборудование: проволока, секундомер, воск.
4. Теплоёмкость неизвестного тела.
Оборудование: тело, мерный стакан, горячая вода, термометр.
5. Масса бутылки с маслом.
Оборудование: волос, верёвка, миллиметровка, груз известной массы.
6. Теплота растворения соли.
Оборудование: вода, соль, термометр, мерный стакан.
7. Потеря энергии при столкновении двух монет.
Оборудование: миллиметровка, линейка, две монеты.

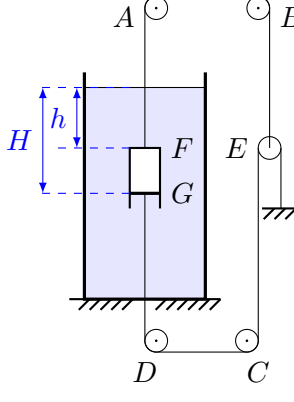
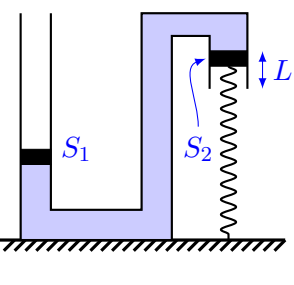
5 Материалы физических боёв.

5.1 Физбой 8 класса.

5.1.1 Полуфинал.

1	<p>В цилиндрическом сосуде с водой плавает кусок льда объёмом $V_0 = 1000 \text{ см}^3$. В лёд вморожена свинцовая пуля объёмом $V = 1 \text{ см}^3$. Кольду на невесомой нерастяжимой нити привязан воздушный шарик, заполненный гелием. Оболочка шарика имеет пренебрежимо малую массу. Каким должен быть объём шарика V_1, чтобы после таяния льда уровень воды в сосуде не изменился? Необходимые справочные данные приведены ниже:</p> <p>плотность гелия $\rho_{\text{гел}} = 0.2 \text{ кг/м}^3$; плотность воздуха $\rho_{\text{возд}} = 1.3 \text{ кг/м}^3$; плотность льда $\rho_{\text{льда}} = 0.9 \text{ г/см}^3$; плотность воды $\rho_{\text{воды}} = 1 \text{ г/см}^3$; плотность свинца $\rho_{\text{свинца}} = 11.3 \text{ г/см}^3$.</p>	
2	<p>Собака сидит на льду озера, а ее хозяин равномерно удаляется от нее со скоростью $v = 2 \text{ м/с}$. Когда расстояние между собакой и хозяином достигает $s = 100 \text{ м}$, собака решает догнать хозяина, причем хочет в момент встречи иметь такую же скорость, как и он. Из-за того, что лед скользкий, собака не может развивать ускорение больше $a = 2 \text{ м/с}^2$ в каком-либо направлении. За какое минимальное время она сможет догнать хозяина?</p>	
3	<p>Робот Вася спроектирован так, что может взбираться по лестницам. После некоторого времени работы t у Васи садятся батарейки. Это время зависит от скорости v, с которой Вася движется по лестнице. На рисунке приведен график зависимости $1/t(v)$. Какова максимальная длина лестницы, на которую может взобраться Вася? Пусть теперь Вася пытается взобраться вверх по движущемуся вниз эскалатору. Постройте график зависимости максимальной длины эскалатора, на который может взобраться Вася, от скорости этого эскалатора.</p>	

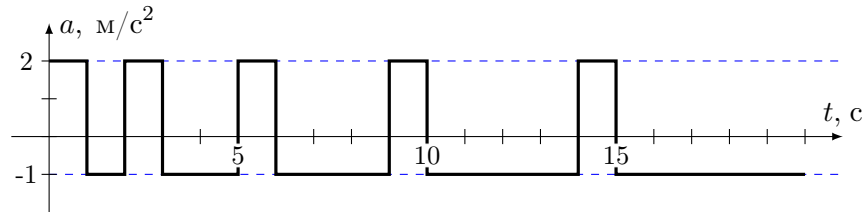


4	<p>Имеется система изображенная на рисунке. В бассейне с водой находится перевернутый цилиндрический сосуд F, закрытый снизу невесомым подвижным поршнем G. Внутри сосуда вакуум. Блоки A, B, C и D — неподвижные. Блок E — подвижный. Вначале сосуд держат так, что его дно находится на глубине 5 м. При этом поршень находится на глубине 9 м, и все веревки натянуты. Сосуд отпускают. На каком расстоянии от уровня воды в бассейне будет находиться дно сосуда, когда система придет в положение равновесия? Масса сосуда равна 200 кг. Площадь поршня — 100 см^2. Плотность воды — 1000 кг/м^3, атмосферное давление — 100 кПа. Трением пренебречь. Считать сосуд достаточно длинным, так, что поршень всегда находится внутри сосуда, а края сосуда всегда находятся под водой.</p>	
5	<p>Два массивных поршня находятся в неподвижной S-образной жесткой трубке, заполненной водой. К одному из поршней прикреплена пружина жесткости $k = 1000 \text{ Н/м}$, другой её конец вмонтирован в пол. Система находится в равновесии. Правый поршень находится на расстоянии $L = 20 \text{ см}$ от конца трубы. На левый поршень аккуратно кладут тяжелый груз. Чему равна максимальная масса груза, при которой вода не выливается из системы? Площадь левого поршня равна $S_1 = 100 \text{ см}^2$, площадь правого $S_2 = 500 \text{ см}^2$, постоянная $g = 10 \text{ Н/кг}$.</p>	
6	<p>Между краями пропасти шириной $H = 38 \text{ м}$ висит практически нерастяжимая веревка длиной $L = 40 \text{ м}$. Альпинист массой $m = 80 \text{ кг}$ хочет перебраться по ней через пропасть. Сможет ли он это сделать, если веревка рвется при силе натяжения $T = 1200 \text{ Н}$? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.</p>	

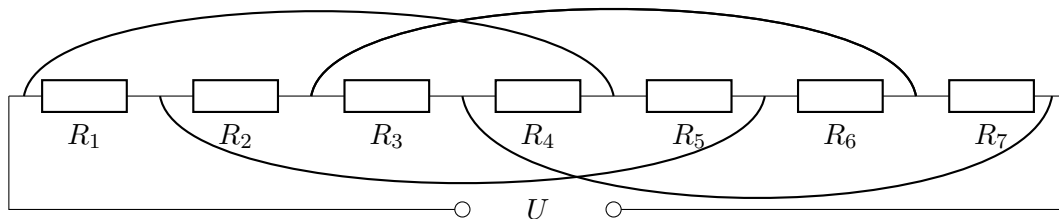
5.2 Физбой 9 класса.

5.2.1 Полуфинал.

1	Космический корабль начинает двигаться прямолинейно с ускорением, изменяющимся во времени так, как показано на графике (см. рис.). Через какое время корабль удалится от исходной точки в положительном направлении на максимальное расстояние? Начальная скорость корабля равна нулю.
---	--

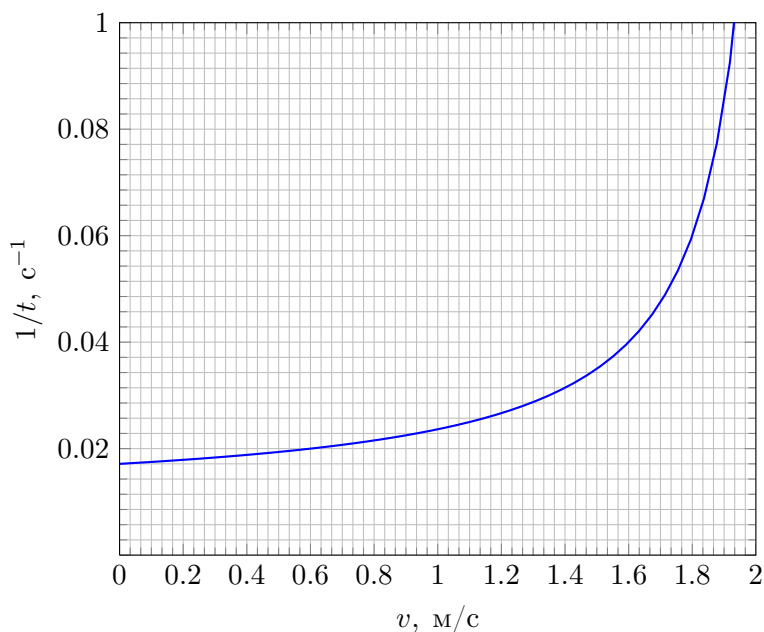


2	На гладком горизонтальном столе лежат, касаясь друг друга, две одинакового размера шайбы 1 и 2, радиус которых равен R . Шайбы соединены друг с другом с помощью тонкой легкой нити (см. рис., вид сверху). Длина нити $L = 2R$. Нить начали тянуть в горизонтальном направлении с постоянной силой F . Найдите силу, с которой шайбы будут давить друг на друга, когда их движение установится. Сила F приложена в середине нити. Трение можно считать малым. Рассмотрите два случая: 1) шайбы имеют одинаковую массу; 2) масса одной шайбы в два раза больше массы другой.	
3	Электрическая цепь составлена из семи последовательно соединенных резисторов: $R_1 = 1$ кОм, $R_2 = 2$ кОм, $R_3 = 3$ кОм, $R_4 = 4$ кОм, $R_5 = 5$ кОм, $R_6 = 6$ кОм, $R_7 = 7$ кОм и четырех перемычек. Входное напряжение $U = 53,2$ В. Укажите, в каком из резисторов сила тока минимальна. Найдите эту силу тока. В каком из резисторов сила тока максимальна? Найдите ее.	

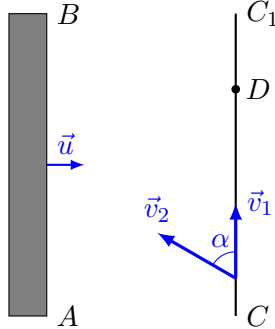


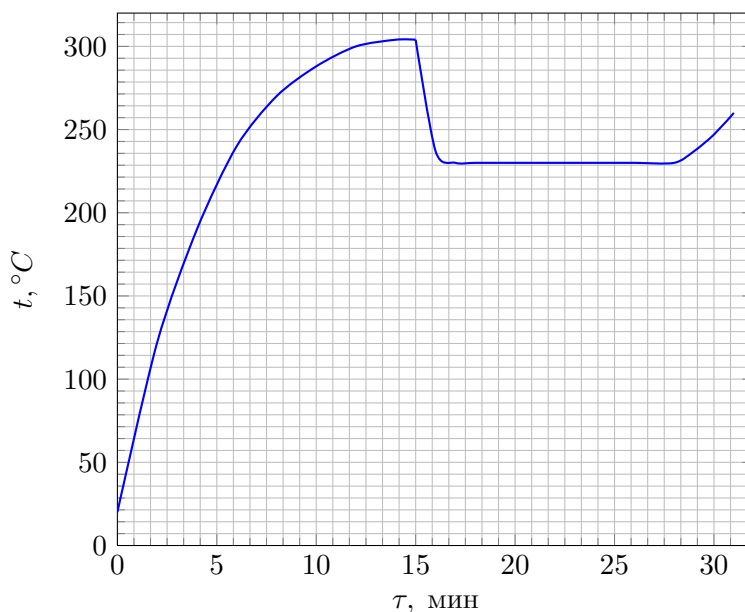
4	В сосуде находятся две несмешивающиеся жидкости с удельными плотностями ρ_1 и ρ_2 и толщинами слоёв h_1 и h_2 соответственно. С поверхности жидкости в сосуд опускают маленькое обтекаемое тело, которое достигает дна как раз в тот момент, когда его скорость становится равной нулю. Какова плотность материала, из которого сделано тело?
---	---

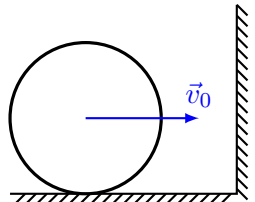
5	<p>При разведении теплолюбивых рыб в аквариуме для поддержания необходимой температуры воды $t_T = 25^\circ\text{C}$ используется электрический нагреватель, мощность которого $P_0 = 100\text{ Вт}$. Для хладоллюбивых рыб температура воды в аквариуме должна быть $t_x = 12^\circ\text{C}$. Чтобы обеспечить низкотемпературный режим через погруженный в аквариум теплообменник - длинную медную трубку - пропускают водопроводную воду, температура которой $t_1 = 8^\circ\text{C}$ (эффективность теплообменника столь высока, что вытекающая из трубки вода находится в тепловом равновесии с водой аквариума). Предполагая, что мощность теплообмена между аквариумом и окружающей средой пропорциональна разности температур между ними, определите минимальный расход воды ($k = \frac{\Delta m}{\Delta \tau}$) для поддержания заданного температурного режима. Комнатная температура $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Удельная теплоемкость воды $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Как изменится ответ, если в аквариуме будут разводить рыб, предпочитающих температуру воды $t_x^* = 16^\circ\text{C}$?</p>
6	<p>Робот Вася спроектирован так, что может взбираться по лестницам. После некоторого времени работы t у Васи садятся батарейки. Это время зависит от скорости v, с которой Вася движется по лестнице. На рисунке приведен график зависимости $1/t(v)$. Какова максимальная длина лестницы, на которую может взобраться Вася? Пусть теперь Вася пытается взобраться вверх по движущемуся вниз эскалатору. Постройте график зависимости максимальной длины эскалатора, на который может взобраться Вася, от скорости этого эскалатора.</p>

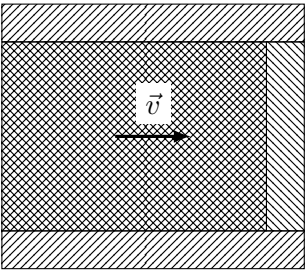


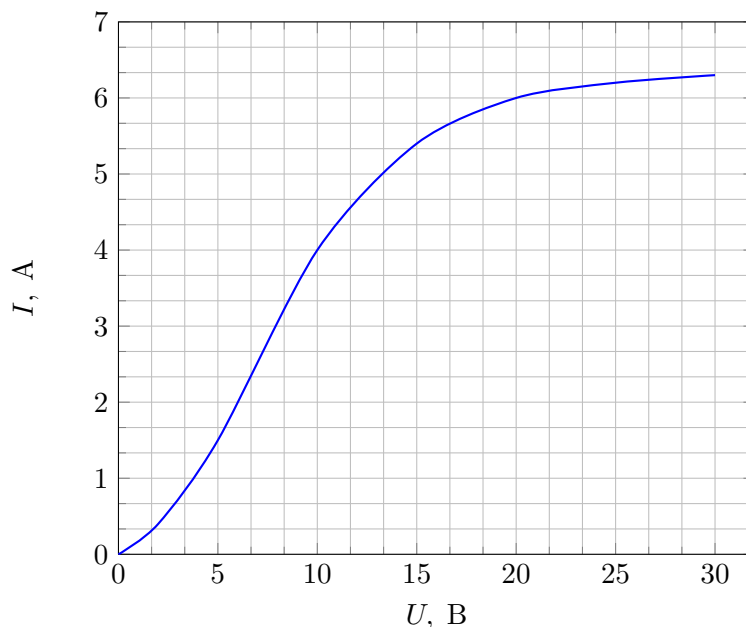
5.2.2 Финал.

1	Над обрывом установлено орудие, позволяющее вести огонь в любом направлении. Снаряды имеют начальную скорость v . На расстоянии l от орудия под углом φ к горизонту завис воздушный шар. Известно, что шар находится достаточно далеко от орудия — так, что снаряды в него не попадают. Обстрел стали производить снарядами, которые взрываются через время T после выстрела. Под каким углом к горизонту следует стрелять, чтобы снаряды взрывались как можно ближе к шару? Ускорение свободного падения g .
2	<div> <p>Массивная доска АВ скользит со скоростью u по гладкой горизонтальной поверхности. Из точки С той же поверхности одновременно вылетают две легкие шайбы. Первая шайба скользит по поверхности в направлении CC_1 параллельно доске АВ со скоростью v_1, вторая скользит со скоростью v_2 под углом α к CC_1. Через некоторое время шайбы сталкиваются в точке D. Определите скорости шайб v_1 и v_2 до столкновения, если известно, что время от начала движения шайб до их столкновения в n раз превышает время от начала движения шайб до столкновения второй шайбы с доской. При ударе шайбы о доску потерь энергии не происходит.</p>  </div>
3	Миниатюрный тигель (печка) для плавки металла имеет электронагреватель постоянной мощности $P_0 = 20$ Вт. Нагреватель включают и, после того как его температура практически перестает увеличиваться, в тигель бросают несколько кусочков олова, общая масса которых $m = 80$ г. Олово начинает плавиться. График зависимости температуры в тигле от времени представлен на рисунке. Определите удельную теплоту плавления олова.

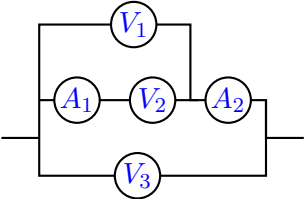
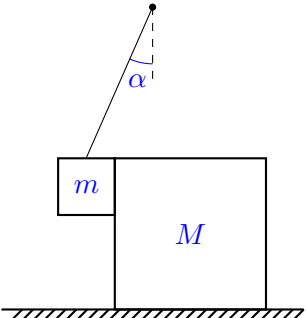


4	<div> <p>Тонкостенный цилиндр катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью $v_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения между цилиндром и поверхностью равен $\mu = 0,2$. Цилиндр сталкивается с вертикальной гладкой стенкой и упруго отражается от нее. Определите путь, пройденный цилиндром до остановки.</p>  </div>
---	---

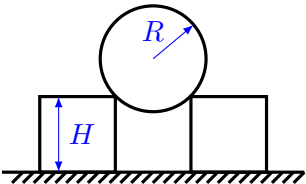
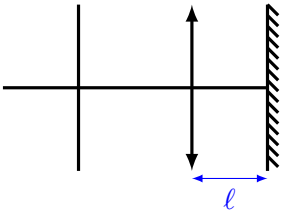
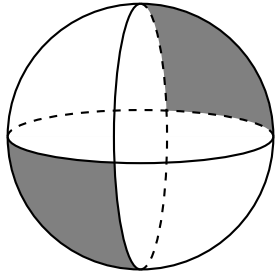
5	<p>По реке со скоростью v плывут мелкие льдины, которые равномерно распределяются по поверхности воды, покрывая ее n-ю часть. В некотором месте реки образовался затор. В заторе льдины полностью покрывают поверхность воды, не нагромождаясь друг на друга. Какая сила действует на 1 м ледяной границы между водой и сплошным льдом в заторе со стороны останавливающихся льдин? Плотность льда $\rho = 0,91 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; толщина $h = 20 \text{ см}$; скорость реки $v = 0,72 \text{ км/ч}$; плывущие льдины покрывают $n = 0,1$ часть поверхности воды.</p>	
6	<p>Лампа, соединенная последовательно с резистором, сопротивление которого $R = 10 \text{ Ом}$, подключена к сети. Зависимость силы тока от напряжения на лампе представлена на рисунке. При каком напряжении сети КПД схемы $\eta = 25\%$? КПД схемы равен отношению мощности, потребляемой лампой, к мощности, потребляемой от сети.</p>	



5.3 Физбой 10 класса.

1	С какой силой отталкиваются грани равномерно заряженного по поверхности правильного тетраэдра? Длина ребра тетраэдра a , заряд каждой грани q .	
2	Участок цепи постоянного тока состоит из трех одинаковых вольтметров и двух одинаковых амперметров. Показания вольтметров V_1 и V_2 равны $U_1 = 6$ В, $U_2 = 4$ В. Как вы полагаете, что показывает третий вольтметр?	
3	Ракета пришельцев стартует с поверхности Земли и практически мгновенно набирает постоянную вертикальную скорость $v = 800$ м/с. Злодеи обстреливают ракету из пушки, которая находится в $l = 40$ км от стартовой площадки. Выстрел производится в момент старта. Могут ли злодеи попасть в ракету? Начальная скорость снаряда равна $u = 1000$ м/с. Сопротивлением воздуха пренебречь.	
4	Узкий пучок протонов налетает на шар радиуса a . Прицельное расстояние (расстояние от центра шара до прямой, на которой лежит начальная скорость протонов) b , начальная энергия протонов E . Найти установившийся заряд шара. Заряд протона e , масса m .	
5	Кубик массы M стоит на горизонтальной поверхности. Его касается кубик массы m , висящий на невесомой нерастяжимой нити. Нить составляет угол α с вертикалью. В начальный момент кубики неподвижны. Определите ускорения кубиков в начальный момент. Трением пренебречь. Считайте, что кубики не поворачиваются вокруг своей оси.	
6	На достаточно удаленные предметы смотрят через собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 9$ см, располагая глаз на расстоянии $a = 36$ см от линзы. Оцените минимальный размер экрана, который нужно расположить за линзой так, чтобы он перекрыл все поле изображения. Считайте, что радиус зрачка равен $r = 1,5$ мм.	

5.4 Физбой 11 класса.

1	<p>Два одинаковых кубика с ребром H и массой $2.5m$ каждый стоят почти соприкасаясь гранями на гладкой горизонтальной поверхности. Сверху на них аккуратно кладут шар массы m и радиуса R, и он начинает смещаться вертикально вниз, раздвигая кубики в стороны. Найти скорость шара непосредственно перед ударом о горизонтальную поверхность. Начальная скорость шара пренебрежимо мала.</p>	
2	<p>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 этом листе получают изображение его клеток при двух положениях листа относительно линзы. Эти положения отличаются на $L = 9$ см. Определить фокусное расстояние линзы.</p>	
3	<p>Вагон массой M и длиной L может без трения двигаться по рельсам. Он заполнен газом и разделен пополам подвижной невесомой вертикальной перегородкой. Вначале температура газа равна T. В правой половине включают нагреватель и доводят температуру газа до $2T$, в левой части температура остается прежней. Найти перемещение вагона, если масса всего газа равна m.</p>	
4	<p>Звезда массы M и радиуса r образовалась из однородного облака газа с молярной массой μ радиуса R, исходно имевшего температуру T. Считая звезду также однородной, определите среднеквадратичное значение ее угловой скорости.</p>	
5	<p>Радиусы кривизны двух одинаковых, слипшихся друг с другом, мыльных пузырей равны R. После того, как перегородка лопнула, образовался один пузырь радиусом R_1. Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора σ. Найти атмосферное давление.</p>	
6	<p>Имеется равномерно заряженная диэлектрическая сфера. Известно, что, если ее разрезать пополам, то «половинки» будут расталкиваться с силой F_1. Если разрезать пополам одну из половинок (вдали от второй), то получившиеся «четвертинки» будут расталкиваться с силой F_2. И, наконец, если разрезать пополам одну из «четвертинок» (вдали от оставшихся частей сферы) на «восьмушки», то они будут расталкиваться с силой F_3. Найти силу, с которой будут расталкиваться «восьмушки», если их поместить так, как показано на рисунке.</p>	

Двойной физбой. Правила.

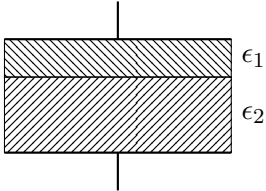
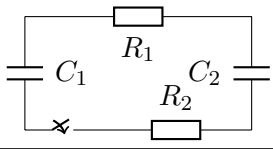
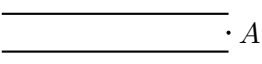
1. В физбое участвуют две команды.
2. Командам выдается определенное количество задач. Действует «джентльменское правило», согласно которому тот, кто знает какую-либо из выдаваемых задач вместе с решением, должен сразу заявить об этом. После этого командам отводится время на решение задач.
3. В каждой команде есть капитан и заместитель капитана. Все общение команд с жюри производится через капитанов (или через заместителя капитана, если капитан находится у доски).
4. После решения задач проводится конкурс капитанов. Капитанам сообщается одна задача. Тот из капитанов, кто первым решит задачу, сообщает свое решение жюри. Если оно верно, этот капитан выиграл. Если нет, то конкурс выиграл другой капитан.
5. Победивший капитан выбирает, какая из команд делает первый вызов.
6. Команда, обладающая правом вызова, может вызвать другую команду на любую из еще не разобранных задач.
7. Вызванная команда может принять вызов или проверить корректность вызова.
8. Если вызов принят, вызванная команда выставляет отвечающего, а вызывавшая — оппонента. В случае проверки корректности вызванная команда выставляет оппонента, а вызывавшая — отвечающего.
9. Отвечающий и оппонент имеют право взять с собой к доске и использовать любые предметы. Но, выйдя к доске, они не имеют права возвращаться за какими-либо предметами, а также общаться с командой.
10. Отвечающий рассказывает решение задачи оппоненту. Оппонент имеет право задавать вопросы и высказывать замечания по решению, а отвечающий выбирает, будет ли это происходить по ходу решения или по его окончании.
11. Если вызов был принят, а оппонент продемонстрировал неверность решения отвечающего, оппонент имеет право рассказать свое решение. При этом отвечающий имеет право задавать вопросы по решению оппонента.
12. После окончания решения и вопросов жюри задает свои вопросы по решению отвечающего или оппонента.
13. Если при проверке корректности оппонент показал неверность решения отвечающего, вызов признается некорректным.
14. В случае некорректного вызова вызывавшая команда получает –6 очков, вызванная команда 0 очков. В остальных случаях: отвечающий за свое решение получает от 0 до 12 очков, оппонент за свое решение получает от 0 до 6 очков, отвечающий и оппонент за вопросы и замечания получают от 0 до 6 очков (6 очков даются за демонстрацию неверности решения). Общее количество очков, набранное командами и жюри, в любом случае равно 12.
15. В случае некорректного вызова право вызова на следующую задачу остается у той же команды. В любом другом случае оно переходит к другой команде.
16. Команда, обладающая правом вызова, имеет право отказаться от ведения боя. При этом другая команда получает право рассказать решения всех еще не разобранных задач. Отказавшаяся от ведения боя команда имеет право выставлять оппонентов, но не получает очков за оппонирование.
17. Каждый участник боя имеет право выходить к доске в качестве отвечающего или оппонента не более заранее определенного количества раз.
18. Если физбой заканчивается вничью, но необходимо определить победителя, командам выдается одна дополнительная задача. Определение победителя проходит по правилам конкурса капитанов, с той разницей, что задачу может решать вся команда.

Тройной физбой. Правила.

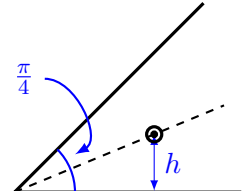

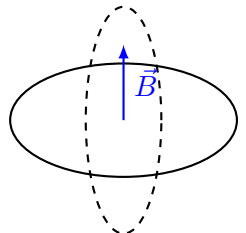
1. В физбое участвуют три команды.
2. Командам выдается определенное количество задач. Действует «джентльменское правило», согласно которому тот, кто знает какую-либо из выдаваемых задач вместе с решением, должен сразу заявить об этом. После этого командам отводится время на решение задач.
3. В каждой команде есть капитан и заместитель капитана. Все общение команд с жюри производится через капитанов (или через заместителя капитана, если капитан находится у доски).
4. После решения задач проводится конкурс капитанов. Капитанам сообщается одна задача. Победителем является капитан, первым рассказавший верное решение задачи. Если два капитана рассказали неверное решение, победителем является третий капитан. Каждый капитан имеет право рассказывать только одно решение.
5. Вызовы производятся командами в следующем порядке: $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 1$. Этот порядок может быть нарушен, только если одна из команд откажется от ведения боя. Победитель конкурса капитанов определяет, какая команда делает первый вызов и какая команда его принимает.
6. Команда, обладающая правом вызова, может вызвать другую команду на любую из еще не разобранных задач.
7. Вызванная команда может принять вызов или проверить корректность вызова.
8. Если вызов принят, то вызывавшая команда выставляет оппонента, вызванная — отвечающего, а третья команда — рецензента. В случае проверки корректности вызывавшая команда выставляет отвечающего, вызванная — оппонента, а третья команда — рецензента.
9. Отвечающий, оппонент и рецензент имеют право взять с собой к доске и использовать любые предметы. Но, выйдя к доске, они не имеют права возвращаться за какими-либо предметами, а также общаться с командой.
10. Отвечающий рассказывает решение задачи. Оппонент имеет право на вопросы по решению, а отвечающий выбирает, будут ли они заданы в ходе решения или по его окончании. Рецензент имеет право на вопросы по окончании вопросов оппонента.
11. Если вызов был принят, а оппонент показал неверность решения отвечающего, то оппонент получает право рассказать свое решение задачи. При этом рецензент имеет преимущественное право на вопросы. Если отвечающий или рецензент покажут неверность решения оппонента, то рецензент получает право рассказать свое решение задачи. При этом отвечающий имеет преимущественное право на вопросы.
12. Если вызов был принят, а рецензент показал неверность решения отвечающего, то рецензент получает право рассказать свое решение задачи. При этом оппонент имеет преимущественное право на вопросы. Если отвечающий или оппонент покажут неверность решения рецензента, то оппонент получает право рассказать свое решение задачи. При этом отвечающий имеет преимущественное право на вопросы.
13. Если при проверке корректности оппонент или рецензент покажут неверность решения отвечающего, то рецензент получает право рассказать свое решение. При этом оппонент имеет преимущественное право на вопросы, а вызов признается некорректным.
14. После того, как участники боя зададут все свои вопросы по какому-либо решению, жюри задает свои вопросы.
15. Очки выставляются: от 0 до 12 — за решение, рассказанное отвечающим, от 0 до 6 — за решение, рассказанное оппонентом или рецензентом, от 0 до 6 — за вопросы и замечания (6 очков даются за демонстрацию неверности решения). Общее количество очков, набранное командами и жюри, равно 12.
16. Команда, обладающая правом вызова, может не вызывать другую команду, а отказаться от ведения боя. При этом право вызова переходит к третьей команде, и физбой продолжается по правилам для двух команд. Отказавшаяся от ведения боя команда имеет право выставлять рецензентов, но не получает очков за их деятельность.
17. Каждый участник боя имеет право выходить к доске в качестве отвечающего или оппонента не более заранее определенного количества раз.
18. Если физбой заканчивается вничью, но необходимо определить победителя, командам выдается одна дополнительная задача. Определение победителя проходит по правилам конкурса капитанов, с той разницей, что задачу может решать вся команда.

6 Заключительные контрольные.

6.1 10 класс.

1	Четыре одноименных точечных заряда величиной q были расположены вдоль одной прямой на расстоянии r друг от друга. Какую работу надо совершить, чтобы поместить их в вершинах тетраэдра с длиной ребра r ?	
2	Металлический шар радиуса 10 см помещен внутрь сферической металлической оболочки, имеющей внешний радиус 30 см и толщину 10 см, так, что их центры совпадают. На шаре находится заряд 10^{-5} Кл, на оболочке — заряд $8 \cdot 10^{-5}$ Кл. Постройте графики зависимости напряженности и потенциала электрического поля от расстояния до центра шара.	
3	Пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено двумя слоями разных диэлектриков толщины d_1 и d_2 . Диэлектрическая проницаемость диэлектриков ϵ_1 и ϵ_2 . Площадь обкладок S . Найдите емкость конденсатора. Какой заряд будет индуцироваться на границе раздела диэлектриков, если на пластинах конденсатора разместить заряд $\pm q$?	
4	Найдите количество теплоты, выделившееся на каждом сопротивлении после замыкания ключа. Один конденсатор (C_1) вначале был заряжен до напряжения V , а второй не был заряжен.	
5	Пластины плоского конденсатора имеют форму правильного шестиугольника и расположены на расстоянии d друг от друга. Найти напряженность поля в точке A , расположенной посередине между одной из вершин шестиугольника и соответствующей вершиной другого шестиугольника. Заряд пластин q .	

6.2 11 класс.

1	Две металлические пластины образуют двугранный угол $\pi/4$. На биссектрисе этого угла на расстоянии h от пластин находится бесконечный заряженный провод с плотностью заряда λ . Найти силу, с которой провод притягивается к двугранному углу.	
2	Длинный прямой провод с током I имеет участок в виде полуокружности радиуса R . Определите индукцию магнитного поля в центре полуокружности.	
3	Виток площади S расположен перпендикулярно магнитному полю индукции B . Он замкнут через гальванометр с сопротивлением R . Какой заряд протечёт через гальванометр, если виток повернуть параллельно полю?	
4	Плоский конденсатор помещён в однородное магнитное поле индукции B , параллельное пластинам. Из точки A вылетают электроны в направлении, перпендикулярном магнитному полю. Напряжение, приложенное к пластинам, равно V . При каком условии электроны будут проходить через конденсатор?	