

ВЫСШАЯ ШКОЛА  
ЭКОНОМИКИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

СБОРНИК ЗАДАНИЙ  
МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ  
ОЛИМПИАДЫ  
ШКОЛЬНИКОВ  
«ВЫСШАЯ ПРОБА»

физика  
электроника  
информатика

Под общей редакцией старшего преподавателя  
департамента электронной инженерии  
МИЭМ НИУ ВШЭ К.А. Богачева  
и кандидата физико-математических наук,  
профессора департамента прикладной математики  
МИЭМ НИУ ВШЭ Ю.А. Колмакова



Издательский дом  
Высшей школы экономики

---

Москва, 2015

УДК 51(076)  
ББК 22.1я7  
С23

С23 **Сборник заданий межрегиональной олимпиады школьников «Высшая проба». Физика. Электроника. Информатика** [Текст] / под общ. ред. К. А. Богачева, Ю. А. Колмакова ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. — 191, [1] с. — 800 экз. — ISBN 978-5-7598-1267-8 (в обл.). — ISBN 978-5-7598-1269-2 (Физика. Электроника. Информатика).

В сборник вошли задания по физике, электронике и информатике для школьников 9–11 классов Межрегиональной олимпиады школьников «Высшая проба», проведенной в 2012/2013 и 2013/2014 учебных годах. Олимпиада проводилась в два этапа: первый, отборочный, — в дистанционном формате, второй, заключительный, — в очном. В сборник по каждому предмету включены задания заключительного этапа, решения и ответы. По физике и информатике приведены также подробные критерии оценки решений участников.

УДК 51(076)  
ББК 22.1я7

ISBN 978-5-7598-1267-8  
ISBN 978-5-7598-1269-2 (Физика.  
Электроника. Информатика)

- © Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2015
- © Оформление. Издательский дом Высшей школы экономики, 2015

## Дорогие друзья!

Книга, которую вы держите в руках, включает задания заключительных этапов Межрегиональной олимпиады школьников «Высшая проба» последних трех лет.

Олимпиаду «Высшая проба» я рассматриваю как основное звено в системе интеллектуальных состязаний НИУ ВШЭ для школьников, которая сложилась и продолжает развиваться в нашем университете. Начиная с 2009 года олимпиада проводится совместно с десятью другими российскими университетами. Число предметов и направлений состязаний с каждым годом увеличивается, что позволяет участникам помериться силами в самых разных областях знаний, от востоковедения до электроники. К участию в олимпиаде приглашаются школьники 7–11-х классов, причем наравне с российскими ребятами за победу в олимпиадных состязаниях «сражаются» школьники из стран СНГ, Балтии и даже дальнего зарубежья. В последние годы общая численность участников «Высшей пробы» приблизилась к 46 тысячам, и это еще не предел. Множество талантливых юношей и девушек из самых разных городов и деревень благодаря олимпиаде поверили в свои силы, успех на олимпиадных ристалищах приоткрыл им двери в ведущие вузы России.

В Высшей школе экономики мы всегда рады видеть в числе своих студентов победителей и призеров «Высшей пробы», так как уверены в их высоких познавательных потребностях, способности учиться, стремлении заглянуть за горизонт.

Надеюсь, что книга станет отличным помощником вам при подготовке к олимпиадным состязаниям, самостоятельном изу-

чении интересных для вас предметов за рамками школьной программы, подготовке к поступлению в высшие учебные заведения. Публикация олимпиадных заданий с решениями поможет понять особый «дух» олимпиадных заданий и задач, некоторые общие подходы к их решению, уровень сложности, оценить свою готовность и забыть о преолимпиадном волнении.

Книгу могут использовать также ваши учителя, которые ведут вас к достижению новых успехов, обсуждая с вами путь решения трудной задачи, отвечая на ваши вопросы.

В книге вы найдете задания как по общеобразовательным предметам, так и по тем отраслям знаний, необходимость в изучении которых диктует ваш выбор будущей специальности — востоковедение, дизайн, психология, электроника, журналистика. Замечательно, если интерес к будущей профессии проявляется уже в школьные годы, и мы проводим немало олимпиадных состязаний для таких юных «профессионалов».

Успехов вам, ребята!

Ректор НИУ ВШЭ  
*Ярослав Кузьминов*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	7
--------------------------	---

### **Раздел 1. Физика**

<b>Задания</b> .....	13
2012/2013. 9 класс .....	13
10 класс .....	15
11 класс .....	18
2013/2014. 9 класс .....	21
10 класс .....	22
11 класс .....	24
<b>Решения</b> .....	26
2012/2013. 9 класс .....	26
10 класс .....	36
11 класс .....	43
2013/2014. 9 класс .....	52
10 класс .....	58
11 класс .....	65

### **Раздел 2. Электроника**

<b>Задания</b> .....	73
2012/2013. 9 класс .....	73
10 класс .....	75
11 класс .....	77
2013/2014. 9 класс .....	80
10 класс .....	82
11 класс .....	84
<b>Решения</b> .....	86
2012/2013. 9 класс .....	86
10 класс .....	89
11 класс .....	91

2013/2014. 9 класс . . . . .	94
10 класс . . . . .	100
11 класс . . . . .	105

### Раздел 3. Информатика

<b>Задания . . . . .</b>	<b>113</b>
2012/2013. 9 класс . . . . .	113
10 класс . . . . .	117
11 класс . . . . .	122
2013/2014. 9 класс . . . . .	128
10 класс . . . . .	130
11 класс . . . . .	133
<b>Решения . . . . .</b>	<b>136</b>
2012/2013. 9 класс . . . . .	136
10 класс . . . . .	145
11 класс . . . . .	157
2013/2014. 9 класс . . . . .	170
10 класс . . . . .	175
11 класс . . . . .	183

# ПРЕДИСЛОВИЕ

---

---

В сборник вошли задания по физике, электронике и информатике для школьников 9–11 классов Межрегиональной олимпиады школьников «Высшая проба», проведенной в 2012/13 и 2013/14 учебных годах. Олимпиада проводилась в два этапа: первый, отборочный, — в дистанционном формате, второй, заключительный, — в очном. В сборник по каждому предмету включены задания заключительного этапа, решения и ответы. По физике и информатике приведены также подробные критерии оценки решений участников.

Появление в рамках Межрегиональной олимпиады школьников «Высшая проба» олимпиадных состязаний по физике и электронике связано с присоединением к НИУ ВШЭ одного из ведущих вузов в области электронного машиностроения — Московского института электроники и математики. Подготовка специалистов-электронщиков высокой квалификации помимо углубленного изучения таких профилирующих дисциплин, как электроника, схемотехника и информатика требует серьезного изучения высшей математики и физики. Развитие современной электроники и телекоммуникационных технологий просто невозможно также без серьезных знаний в области нанотехнологии и материаловедения.

Проведение олимпиад по физике и электронике ориентировано на развитие интереса к естественным наукам, выявление и привлечение на образовательные программы МИЭМ НИУ ВШЭ молодых людей, имеющих вкус к техническому творчеству и способности к инженерному мышлению.

Проведение олимпиады по физике не является чем-то уникальным. Физика входит в состав общеобразовательных предметов, изучаемых в основной школе, и проведение олимпиадных состязаний по физике достаточно распространено. Олимпиадные задания по физике, включенные в сборник, требуют для нахождения ответов не только навыков решения «типовых» школьных задач, но и нестандартного мышления.

А вот особенностью олимпиады по электронике является отсутствие такого предмета в школе, что обуславливает постоянный поиск содержания олимпиадных заданий.

В первый год проведения олимпиады по электронике задания включали нестандартные задачи по математике и задачи по физике из разделов, связанных с электричеством и магнетизмом. В последствии от математических задач было решено отказаться в пользу заданий из области электронной обработки информации, для решения которых требуется знание законов алгебры и логики, умение анализировать схемотехнические решения логических элементов. Участники олимпиады должны не только знать основные аксиомы и законы, но и уметь анализировать логическую электронную схему: построить и проанализировать таблицу истинности цифрового устройства, состоящего из нескольких базовых логических элементов.

В настоящее время задания отборочного этапа олимпиады по электронике — это традиционные олимпиадные задания, требующие глубоких знаний школьного курса физики, а также основных «кирпичиков» электроники — резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов. Несмотря на то что это задачи «физические», они составлены так, что описывают реальные ситуации, происходящие в мире электроники, — функционирование различных приборов, процессов; этим они и интересны.



Участникам заключительного этапа олимпиады по электронике предлагаются творческие задания «физического» уклона, требующие инженерного мышления. Они затрагивают такие области, как робототехника, альтернативная энергетика, автоматическое управление и т.п. Задания описывают по возможности реальные или правдоподобные ситуации и требуют от участников не только творческого, но и изобретательского подхода, умения рассмотреть проблему с нестандартных позиций и найти «красивый» подход к решению. Именно с такими задачами постоянно сталкиваются настоящие инженеры, электронщики и схемотехники. Участие в олимпиаде по электронике — реальная возможность почувствовать себя настоящим инженером!

Талантливым, способным молодым людям в области информационных технологий НИУ ВШЭ предлагает широкий выбор образовательных программ, где они могут продолжить свое образование и стать специалистами высокой квалификации: бизнес-информатика, программная инженерия, прикладная математика и информатика, фундаментальная и компьютерная лингвистика, информатика и вычислительная техника, прикладная математика, инфокоммуникационные технологии и системы связи, компьютерная безопасность... Образовательные программы реализуются на разных факультетах НИУ ВШЭ — от факультета компьютерных наук, открытого при участии компании «Яндекс», до ... гуманитарного факультета. Инструментом поиска и привлечения талантливой молодежи на эти образовательные программы НИУ ВШЭ стала олимпиада по информатике. Состав олимпиадных заданий, включенных в сборник, демонстрирует переход от задач из разделов математики, связанных с программированием, к заданиям по информатике, предполагающим в качестве решения написание программного кода и его тестирование в режиме реального времени.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

Надеемся, что решение олимпиадных заданий, включенных в сборник, принесет прежде всего удовольствие ребятам, которые любят поломать голову над нестандартными «нешкольными» задачами, мотивирует попробовать свои силы в разных олимпиадах и конкурсах и поможет подготовиться к ним.

Всем будущим участникам олимпиад желаем больших успехов в учебе, жизни.

Коллектив авторов,  
май, 2015 г.

**Раздел 1**  
**ФИЗИКА**

---

---



# ЗАДАНИЯ

---

---

2012/2013

9 класс

Время выполнения задания — 180 мин.

**9.1.** Автомобиль начинает двигаться с места с постоянным ускорением  $a = 1,0 \text{ м/с}^2$ . Мимо светофора он проезжает со скоростью  $v = 36 \text{ км/ч}$ . На каком расстоянии  $l$  от светофора он находился  $\tau = 2 \text{ с}$  назад?

**9.2.** За какое время тело соскользнет с наклонной плоскости высотой  $h = 5,0 \text{ м}$ , наклоненной под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту, если по плоскости с углом наклона  $\beta = 30^\circ$  оно движется равномерно?

**9.3.** Два тела, двигаясь навстречу друг другу со скоростью  $v = 7,0 \text{ м/с}$  каждое, после соударения стали двигаться вместе со скоростью  $u = 3,0 \text{ м/с}$ . Определить отношение их масс. Трением пренебречь.

**9.4.** Под каким углом к горизонту  $\alpha$  бросили тело, если известно, что его максимальная потенциальная энергия составляет половину максимальной кинетической?

**9.5.** В цилиндрический сосуд налиты вода и керосин в равных по массе количествах. Общая высота слоев жидкостей  $H = 36 \text{ см}$ . Найти давление жидкостей на дне сосуда и на границе раздела. Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$ , плотность керосина  $\rho_{\text{к}} = 0,80 \text{ г/см}^3$ .

**9.6.** Груз, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания с частотой  $\nu = 3,2$  Гц. Определить растяжение пружины в момент прохождения грузом положения равновесия.

**9.7.** Небольшое тело с зарядом  $q = 50$  нКл, подвешенное на нити длиной  $l = 80$  см, вращается в горизонтальной плоскости так, что нить образует угол  $\alpha = 60^\circ$  с вертикалью (конический маятник). Определить силу тока, вызываемого движением заряда в пространстве.

**9.8.** Электрическая цепь состоит из двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 40$  Ом и  $R_2 = 60$  Ом, соединенных параллельно. Сила тока через первый резистор  $I_1 = 0,60$  А. Определить мощность тепловых потерь в цепи.

**9.9.** Проволочный виток диаметром  $d = 20$  см расположен в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 56$  мкТл, силовые линии которого перпендикулярны плоскости витка. Затем виток вытягивают в сложенную вдвое прямую. Определить сопротивление проволоки, если в результате такой деформации витка по нему протек заряд  $q = 1,2$  мкКл.

**9.10.** Два луча пересекаются в точке  $A$ , образуя угол  $\alpha = 45^\circ$ . На пути расходящихся лучей перпендикулярно одному из них ставят плоское зеркало. Определить длину пути каждого луча до зеркала, если расстояние между точкой  $A$  и ее изображением в зеркале  $A'$  равно  $l = 28$  см.

**10 класс**

Время выполнения задания — 180 мин.

**10.1.** Тело малого размера, брошенное с некоторой высоты вертикально вверх, упало на землю. Нарисовать графики зависимости высоты, скорости и ускорения от времени за все время движения.

**10.2.** Машина массой  $m = 500$  кг движется по виражу радиуса  $R = 9,0$  м с постоянной скоростью. Когда она проходит путь  $\pi R/2$ , ее импульс меняется на величину  $p = 3000$  кгм/с. Найти минимальный коэффициент трения между машиной и покрытием дороги, обеспечивающий отсутствие скольжения на повороте.

**10.3.** Тела массами  $m_1 = 3,0$  кг и  $m_2 = 2,0$  кг, связанные нитью, находятся на горке, как это указано на рис. 1.

Найти натяжение нити, если горка помещена в лифт, движущийся с ускорением  $a_0 = 2,0$  м/с<sup>2</sup> вертикально вверх. Коэффициент трения равен  $\mu = 0,40$ , угол наклона горки равен  $\alpha = 30^\circ$ .

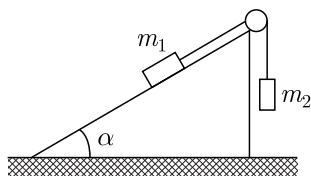


Рис. 1

**10.4.** Человек, стоящий на тележке, бросает горизонтально камень массой  $m = 1,0$  кг, совершая при этом работу  $A = 100$  Дж. Какое расстояние пройдет после этого тележка до полной остановки, если коэффициент трения между тележкой и поверхностью равен  $\mu = 0,012$ , а общая масса тележки и человека  $M = 79$  кг?

**10.5.** Линейка массой  $m = 130$  г лежит перпендикулярно краю стола, так что одна четвертая ее часть выступает.

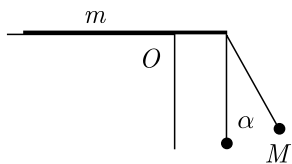


Рис. 2

К выступающему концу привязывают нить с укрепленным на ней грузом массой  $M = 100$  г. На какой минимальный угол надо отклонить нить с грузом, чтобы при его последующих качаниях конец линейки, лежащий на столе, мог приподняться?

**10.6.** Идеальный газ совершает замкнутый цикл, состоящий из двух адиабат и двух изобар. Точки 1 и 3 находятся на одной изотерме. Найти температуру, соответствующую изотерме 1–3, если температуры точек 2 и 4 соответственно равны  $T_2 = 400$  К и  $T_4 = 280$  К, а КПД цикла равен  $\eta = 20\%$ .

**10.7.** Три заряженные бусинки надеты на вертикально стоящее гладкое непроводящее кольцо так, что они образуют равносторонний треугольник со стороной  $A = 30$  см. Одна бусинка находится в нижней точке кольца, а две другие лежат на одной горизонтали и имеют одинаковую массу  $m = 10$  г и одинаковый заряд  $q = 1$  мкКл того же знака, что и нижняя бусинка. Найти силу давления на кольцо со стороны верхних бусинок.

**10.8.** Найти напряжение на сопротивлении  $R_1$ , если энергия, запасенная на конденсаторе  $W = 3 \cdot 10^{-10}$  Дж, при этом  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = 5,0$  Ом,  $C = 6,0$  пФ,  $r = 1,0$  Ом.

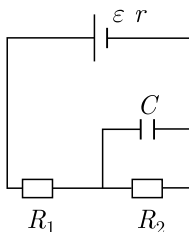


Рис. 3



**10.9.** Из проволоки постоянного сечения спаян правильный тетраэдр. К двум его вершинам приложено напряжение  $U = 220$  В, а к двум другим подключен идеальный вольтметр. Найти показания вольтметра.

**10.10.** Какую максимально возможную полезную мощность можно получить от источника тока с внутренним сопротивлением  $r = 2,0$  Ом, заряженного от зарядного устройства с коэффициентом полезного действия  $\eta = 80\%$  и напряжением  $U = 10$  В?

**11 класс**

Время выполнения задания — 180 мин.

**11.1.** Материальная точка движется вдоль оси  $x$  с ускорением, изменяющимся во времени так, как показано на рис. 4. Начальная скорость равна нулю. Через какое время точка окажется на максимальном расстоянии от начального положения и чему равно это расстояние?

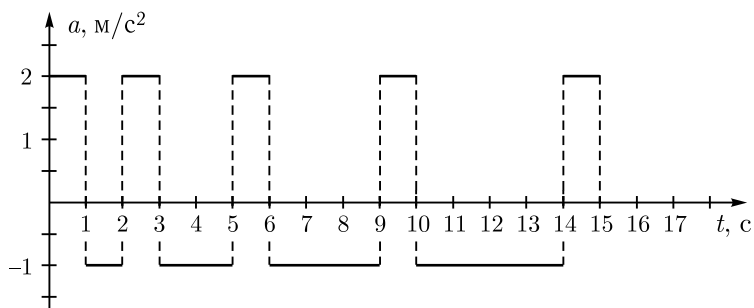


Рис. 4

**11.2.** В сферической лунке прыгает шарик, упруго ударяясь о ее стенки в двух точках, расположенных на одной горизонтали. Промежуток времени между двумя ударами при движении в одну сторону всегда равен  $T_1$ , а при движении обратно  $T_2 \neq T_1$ . Найти радиус лунки.

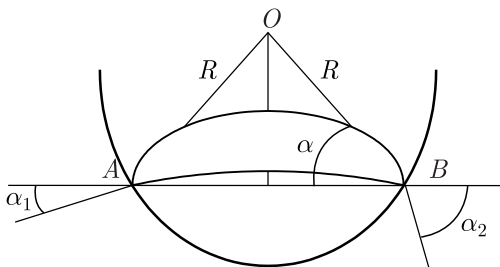


Рис. 5

**11.3.** Шарик, подвешенный на невесомой пружине, совершает вертикальные колебания с периодом  $T = 3,0$  с. Каким станет период колебаний, если снизу к шарiku поднести горизонтальную плиту, с которой шарик будет периодически упруго сталкиваться? Расстояние от положения равновесия шарика до плиты равно половине амплитуды.

**11.4.** Лыжники скатываются со склона горы с углом  $\alpha$ , переходящего в закругление радиусом  $R$ . На каком минимальном расстоянии от места закругления склона должна располагаться стартовая площадка лыжников, чтобы они, достигнув закругления, начали свободный полет? Коэффициент трения между лыжами и снегом  $\mu < \operatorname{tg} \alpha$ . Начальная скорость лыжников равна нулю.

**11.5.** С одним молем гелия проводят циклический процесс, состоящий из двух изотерм и двух изохор. При изохорическом нагревании газ получает  $Q_1 = 1000$  Дж в виде тепла, при изотермическом расширении еще  $Q_2 = 500$  Дж. Минимальная температура в процессе составляет  $T = 300$  К. Найти максимальную температуру газа и КПД цикла.

**11.6.** В вакууме находятся три тонкие концентрические металлические сферы радиусами  $R$ ,  $2R$  и  $4R$ . Первая и третья сферы не заряжены, а второй сообщен заряд  $q$ . Найти потенциал второй сферы после соединения первой и третьей тонким изолированным проводом через небольшое отверстие во второй сфере.

**11.7.** Кольцо из медной проволоки помещено в поперечное магнитное поле с индукцией  $B = 0,10$  Тл. При повороте кольца на угол  $\varphi = 90^\circ$  вокруг диаметра по нему прошел заряд  $q = 1,0$  Кл. Найти массу кольца. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом  $\cdot$  м, плотность  $D = 8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

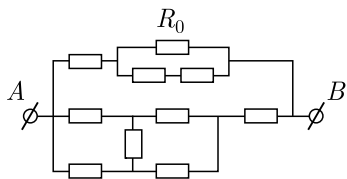


Рис. 6

**11.8.** Соединили 10 плавких предохранителей так, как показано на рис. 6. Отдельный предохранитель перегорает, если ток через него превышает  $I_0 = 12$  А. Найти силу тока, при превышении которой точки  $A$  и  $B$  будут изолированы друг от друга.

**11.9.** Электрон влетает в область пространства, где созданы однородные электрическое и магнитное поля, силовые линии которых параллельны друг другу. В начальный момент времени скорость электрона перпендикулярна силовым линиям. Магнитная индукция  $B = 1,0$  Тл. Найти напряженность электрического поля, если после  $n = 40$  витков спирали электрон сместился на расстояние  $L = 1,8$  см.

**11.10.** Слева от линзы с фокусным расстоянием  $F = 50$  см, на расстоянии  $a = 25$  см от нее, расположена светящаяся точка  $A$ . Справа на таком же расстоянии расположено плоское зеркало. На каком расстоянии от линзы окажется изображение точки в этой системе?

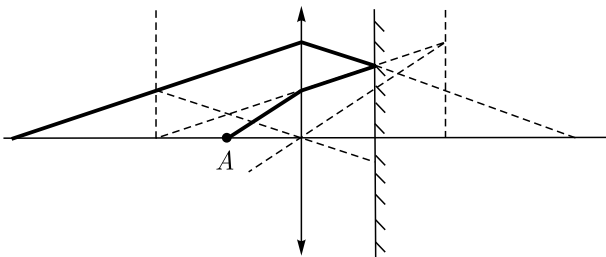


Рис. 7

**2013/2014****9 класс**

Время выполнения задания — 180 мин.

**9.1.** На вершине столба высотой  $H = 2,0$  м лежит тело массой  $M = 500$  г. В него попадает летящая горизонтально пуля, имеющая массу  $m = 10$  г и скорость  $v_0 = 500$  м/с. На каком расстоянии от подножия столба упадет тело с застрявшей в нем пулей? Трением тела о поверхность столба пренебречь.

**9.2.** С каким максимальным ускорением может двигаться автомобиль вверх по наклонной дороге, если угол наклона дороги к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , а коэффициент трения между колесами автомобиля и дорогой  $\mu = 0,60$ ?

**9.3.** За один и тот же промежуток времени первый маятник совершил  $N_1 = 20$  колебаний, а другой  $N_2 = 10$  колебаний. Определите длину второго маятника, если разность их длин  $\Delta l = 24$  см.

**9.4.** На границе раздела двух жидкостей плотностью  $\rho_1 = 0,80$  г/см<sup>3</sup> и  $\rho_2 = 1,0$  г/см<sup>3</sup> плавает кубик, плотность материала которого  $\rho = 0,85$  г/см<sup>3</sup>. Определите глубину его погружения во вторую жидкость.

**9.5.** Найдите мощность, выделяемую во внешней цепи, состоящей из двух одинаковых сопротивлений (резисторов), если известно, что на сопротивлениях выделяется одна и та же мощность как при последовательном, так и при параллельном их соединении. Источником служит элемент с ЭДС  $\varepsilon = 9,0$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1,0$  Ом. Как и почему выгоднее соединять эти сопротивления?

**9.6.** Предмет помещают на расстоянии  $d = 4F$  от линзы. Определите, во сколько раз изображение предмета на экране меньше самого предмета. Постройте изображение предмета, полученного на экране с помощью линзы.

**10 класс**

Время выполнения задания — 180 мин.

**10.1.** Небольшой шарик подлетает к горизонтальной гладкой плите со скоростью  $v_0 = 5,2$  м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Определите расстояние от места удара до места следующего столкновения с плитой, если известно, что при ударе шарик теряет  $n = 0,11$  своей энергии.

**10.2.** С какой скоростью можно увеличивать число оборотов в секунду колёс мотоцикла, чтобы не происходило пробуксовки? Коэффициент трения колёс о дорогу  $\mu = 0,70$ , радиус колеса  $R = 0,30$  м. Считать, что на заднее колесо, приводящее его в движение, приходится половина веса мотоцикла.

**10.3.** Тонкостенный цилиндрический стакан массой  $m = 100$  г и высотой  $h = 10$  см ставят вверх дном на гладкое дно сосуда, который после этого медленно заполняют водой до высоты  $H = 20$  см. На сколько градусов надо нагреть воду в сосуде, чтобы стакан начал всплывать? Диаметр стакана  $d = 4,0$  см. Начальная температура всей системы  $T = 300$  К, атмосферное давление  $p = 720$  мм рт. ст., вода в стакан, стоящий на дне, не проникает.

**10.4.** На горизонтальной поверхности лежит куб массой  $M = 1,0$  кг. В центре верхней грани лежит небольшое тело, размерами которого можно пренебречь, массой  $m = 100$  г. Край куба аккуратно приподнимают, поворачивая вокруг нижнего ребра. Куб по поверхности и маленькое тело по кубу не скользят. Определите угол между гранью куба и горизонтальной поверхностью, при котором вся система будет находиться в равновесии.

**10.5.** Некоторое количество вещества нагревают, поддерживая мощность нагревателя постоянной, и записывают результаты в таблицу:

$\tau$ , мин	0	5	10	15	20	25	30	35
$t$ , °С	60	100	110	110	110	110	112	132

Оцените удельную теплоёмкость вещества в жидком состоянии и удельную теплоту плавления при условии, что удельная теплоёмкость в твердом состоянии  $c_T = 1,0$  кДж/кг · К.

**10.6.** Замкнутый цикл, совершаемый одноатомным идеальным газом, состоит из следующих участков: 1–2 — изохора, масштаб подобран таким образом, что участок 2–3 в  $PV$ -диаграмме представляет собой четверть окружности с центром внутри цикла, а участок 3–4 — четверть окружности с центром вне цикла, 4–5 — изобара, 5–6 — изохора, 6–1 — изобара.  $p_2 = 2p_1$ ,  $p_3 = 3p_1$ ,  $p_5 = 4p_1$ ,  $V_3 = 2V_1$ ,  $V_4 = 3V_1$ ,  $V_5 = 4V_1$ . Определите КПД цикла (ответ дать в процентах).

**11 класс**

Время выполнения задания — 180 мин.

**11.1.** Альфа-частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U$ , влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $B$ . Толщина области поля  $d$ . Определите, на сколько изменится ее импульс за время пролета через область поля. Считать, что толщина  $d$  достаточно мала. Скорость направлена перпендикулярно к границе поля. Заряд и масса альфа-частицы известны.

**11.2.** На горизонтальной пружине укреплено тело массой  $M = 10$  кг, лежащее на абсолютно гладком столе. В это тело попадает и застревает в нем пуля массой  $m = 10$  г, летящая со скоростью  $v = 500$  м/с, направленной вдоль оси пружины. Тело вместе с застрявшей в ней пулей начинает колебаться с амплитудой  $A = 10$  см. Найдите период колебаний.

**11.3.** Два однородных шарика одинакового объема прикреплены на нитях к концам невесомого стержня длины  $L$ . Если стержень подвесить на расстоянии  $a = L/3$  от одного из шаров, то стержень будет находиться в горизонтальном положении. Шары погружают в жидкость, плотность которой вдвое меньше плотности более легкого шарика. Насколько надо передвинуть точку подвеса стержня, чтобы он остался в горизонтальном положении?

**11.4.** Источник тока подзаряжается от зарядного устройства с напряжением холостого хода  $U = 30$  В. КПД зарядного устройства  $\eta = 75\%$ . После подзарядки элемент замыкают на резистор сопротивлением  $R = 14$  Ом. Какое количество теплоты каждую секунду выделяется на резисторе? Внутреннее сопротивление источника  $r = 1,0$  Ом.

**11.5.** В середину горизонтально расположенного конденсатора с площадью обкладок  $S$  и расстоянием между ними  $d$ , заря-



женного от источника с напряжением  $U_0$ , помещают заряженную капельку массы  $m$ . Капелька начинает падать с ускорением  $g/2$ . Какое напряжение установится в конденсаторе после того, как капелька достигнет нижней пластины? Верхняя пластина конденсатора заземлена.

**11.6.** Если осветить катод фотоэлемента сначала светом с длиной волны  $\lambda_1 = 0,40$  мкм, а затем — светом с длиной волны  $\lambda_2 = 0,50$  мкм, то окажется, что максимальные скорости фотоэлектронов отличаются в  $n = 2$  раза. Определите работу выхода материала катода (ответ дать в электрон-вольтах).

*Учебное издание*

**Сборник заданий межрегиональной олимпиады школьников  
«Высшая проба»**

**ФИЗИКА. ЭЛЕКТРОНИКА. ИНФОРМАТИКА**

*Под общей редакцией К.А. Богачева, Ю.А. Колмакова*

*Зав. редакцией Е.А. Бережнова*

*Редактор И.Л. Легостаева*

*Дизайн обложки: Лаборатория дизайна НИУ ВШЭ*

*Художественный редактор А.М. Павлов*

*Компьютерная верстка и графика: И.Г. Андреева*

*Корректор И.Л. Легостаева*

Подписано в печать 21.05.2015. Формат 60×88 1/16

Усл. печ. л. 11,6. Уч.-изд. л. 6,0

Тираж 800 экз. Изд. № 1862. Заказ №

Национальный исследовательский университет

«Высшая школа экономики»

101000, Москва, ул. Мясницкая, 20

Тел./факс: +7 (499) 611-15-52

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»

121099, Москва, Шубинский пер., 6