

# Кубок 7 ЛФИ

11.s07.e02

*Приходит мальчик к родителям и говорит:*

— Мама, папа, знакомьтесь, это мой друг, Алёша.

*Родители с лёгкой тревогой:*

— Сынок, но это же мёртвый лось.

— Пойдём отсюда, Алёша. Нам здесь не рады....

*Фольклор*

## Per aspera ad astra

Конец апреля выдался холодным. Зима в предсмертной агонии «порадовала» всех жителей Петрограда большим количеством мокрого снега, перемешанного со льдом, и сильным ветром.

Но всё это мало волновало инженера Мстислава Лося, уже несколько месяцев напряженно работавшего в своей мастерской, окна которой выходили на колодезный двор небольшого извилистого переулка, расположенного вблизи реки Невы и который на карте можно было перепутать с ее ручьём.

Посреди хаоса чертежей, расположенных на столе, и груды блестящих в свете керосиновой лампы деталей стоял среднего роста и крепкого телосложения человек. Это и был Мстислав Лось, и он, несмотря на то, что время уже давно перевалило за полночь, напряженно изучал прототип капсулы своего междупланетного корабля, представляющего собой сплошной и однородный проводящий шар радиуса  $R$ .

Расчеты инженера снова отличались от данных эксперимента по поведению прототипа в электрическом поле, и это не давало ему покоя. Тяжело вздохнув, он надел специальный монокль, через который можно было видеть силовые линии электростатического поля, и решил повторить все свои опыты заново.

### Эксперимент 1

В первом опыте Мстислав Лось решил поместить прототип капсулы в однородное электрическое поле  $\vec{E}_0$ .

1. (2 балла) Под какими углами силовые линии поля входят в шар?

Считайте, что суммарный заряд шара равен нулю.

### Эксперимент 2

Мстислав дернул старый рубильник и отключил поле  $\vec{E}_0$ , после чего, замкнув ключ, заземлил проводящий шар. После чего господин Лось поместил точечный заряд  $q > 0$  в точку  $A$ , находящуюся на расстоянии  $L > R$  от центра шара  $C$ . Подкрутив микровинт в монокле, инженер спроецировал на свою сетчатку декартову систему координат такую, что её начало совпадало с центром шара, а ось  $x$  проходила через точку  $A$  (см. рисунок 1).

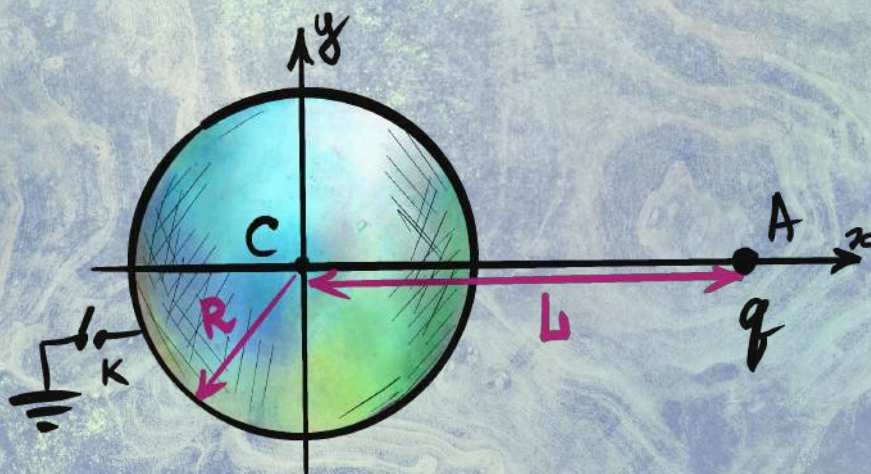


Рисунок 1

Найдите:

2. (1,5 балла) Чему равен суммарный заряд на видимой из точки A поверхности шара?
3. (1,5 балла) Под какими углами к положительному направлению оси  $x$  из точечного заряда  $q$  выходят силовые линии, если они не попадают на поверхность шара?
4. (1 балл) Нарисуйте силовые линии, выходящие из точечного заряда  $q$  и проходящие
  - а) через точку  $(-\frac{7}{2}R, 0)$  при  $\frac{R}{L} = 0,25$ ;
  - б) через точку  $(-\frac{2+3\sqrt{2}}{2}R, 0)$  при  $\frac{R}{L} = 0,50$ ;
  - в) через точку  $(-\frac{6+7\sqrt{3}}{6}R, 0)$  при  $\frac{R}{L} = 0,75$ .

**Внимание!** В этом пункте оценивается решение всех случаев вместе и безраздельно!

5. (0,5 балла) Для случая  $\frac{R}{L} = 0,50$  нарисуйте картину силовых линий во всём пространстве. Качественно объясните их поведение на бесконечном удалении от шара, а также вблизи его поверхности.

### Эксперимент 3

«Наконец-то начинает сходиться», — подумал инженер и перешёл к следующему опыту. Для этого ему пришлось разомкнуть ключ  $K$ , разрядить прототип капсулы и снова поместить его в поле заряда  $q$ . Считая, что шар изолирован, не заряжен и не заземлён (что достаточно логично, ведь в скором времени инженер планировал отправиться на Марс), найдите:

6. (1,5 балла) Под какими углами к положительному направлению оси  $x$  из точечного заряда  $q$  теперь выходят силовые линии, если они не попадают на поверхность шара? Ответ приведите в виде формулы в терминах  $R/L$ , а также численные значения для случаев:
  - а)  $R/L = 0,25$ ;
  - б)  $R/L = 0,50$ ;
  - в)  $R/L = 0,75$ ;

7. (0,5 балла) Для случая  $\frac{R}{L} = 0,50$  нарисуйте картину силовых линий во всём пространстве, качественно обозначив их поведение на бесконечном удалении от шара, а также вблизи его поверхности.

#### Эксперимент 4

Несмотря на поздний час, работа не останавливалась ни на секунду. Мстислав напряжённо продолжал искать способы улучшения своего корабля и решил рассмотреть вариант разделения капсулы на две части на случай экстренной ситуации. Тем более что путешествие на Марс он планирует с попутчиком, о чём совсем недавно дал объявление во все городские газеты. И уже даже кто-то на него отозвался, некий солдат по фамилии то ли Гусев, то ли Уткин.

Для исследования этой возможности он снова заземлил проводящий шар, а точечный заряд  $q$  поместил на расстоянии  $L = 2R$  от его центра. После чего аккуратно разрезал шар на две половинки, как показано на рисунке, так чтобы распределение зарядов по его поверхности осталось прежним.

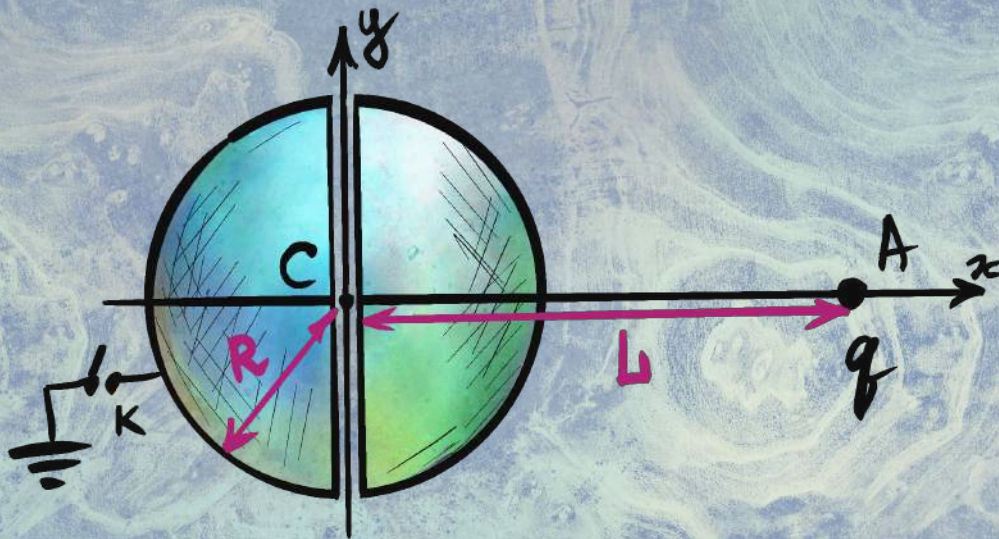


Рисунок 2

Между половинками инженер поместил очень тонкий слой диэлектрика, а сами половинки закрепил вплотную друг к другу. Проведя первые измерения, инженер начал перемещать точечный заряд  $q$  из положения с  $L = 2R$  в направлении от центра шара.

8. (0,5 балла) Заряд какого знака приобретёт плоский срез правой половинки, если точечный заряд  $q$  начать отодвигать от шара?
9. (1 балл) При каком расстоянии  $x_0$  от точечного заряда до центра шара половинки перестанут отталкиваться электростатическими силами и начнут притягиваться? Ответ дайте численно в единицах  $R$ .

Первый Хинт — 04.05.2026 20:00 (МСК)

Второй Хинт — 06.05.2026 12:00 (МСК)

Окончание Второго Эпизода — 08.05.2026 20:00 (МСК)

Разбор Второго Эпизода — 08.05.2026 20:00 (МСК)