



Выход: 13⁰⁵ - 13⁰⁸

лист + 1

Срок: 14⁴⁵

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

по геологии
профиль олимпиады

Баранова Тимона Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«22» марта 2025 года

Подпись участника

[Подпись]

90 (связного)

ЧерновикЗадача №1

пред. Игорь Н.Н. Бродский

зам. пред. Игорь Н.Н. Бродский

Игорь Н.Н. Бродский

ХА?

$$\begin{cases} x = 19y + 6 \\ x = k(y-1) \end{cases}$$

$$19y + 6 = k(y-1)$$

$$ky - 19y = k + 6$$

$$y(k-19) = k+6$$

$$y = \frac{k+6}{k-19} = \frac{k-19+25}{k-19} = 1 + \frac{25}{k-19}$$

П.ч. ищем $x_{\min}$, то $y = y_{\min}$, тогда $\frac{25}{k-19} = 1$,
откуда:

$$y = 2$$

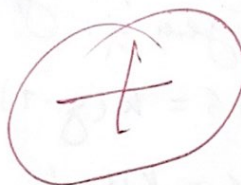
$$k = 25 + 19 = 44$$

подставим y в уравн:

$$x = 19 \cdot 2 + 6 = 38 + 6 = 44$$

Ответ: 44

отв. Сервис



①

Чистовик
Задание № 1

I Пусть x - общее суммарное количество образцов,
 y - количество ячеек в первом ящике,
 k - количество образцов в каждом ящике,
когда их разности поровну.

II Составим систему уравнений, описывающую
оба ящика:

$$\begin{cases} x = 19y + 6 \\ x = k(y-1) \end{cases}$$

Приравняем оба уравнения относительно x и
найдем y :

$$19y + 6 = k(y-1)$$

$$19y + 6 = ky - k$$

$$19y - ky = -k - 6$$

$$ky - 19y = k + 6$$

$$y(k-19) = k+6$$

$$y = \frac{k+6}{k-19} = \frac{k-19+25}{k-19} = 1 + \frac{25}{k-19}$$

Поскольку мы ищем минимальный x , то
 y тоже минимален, тогда $\frac{25}{k-19}$ принимает миним.
возможное значение, т.е. $\frac{25}{k-19} = 1$, тогда:
 $y = 2$; $k = 44$.

Найдем x из первого уравнения, подставив y :

$$x = 19 \cdot 2 + 6 = 44$$

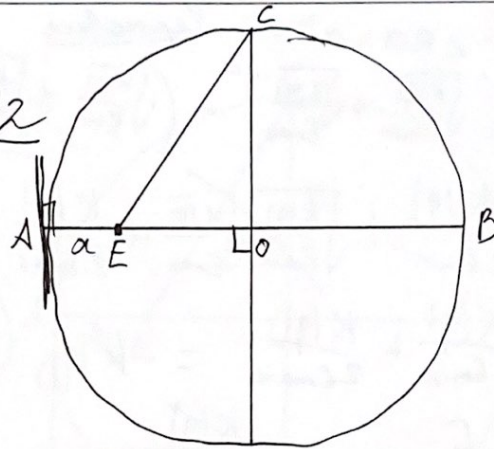
Ответ: 44 образца

②

ответ верный

33-00-48-47
(80.1)

Черновик
Задача №2



Дано:
 $E_{\max} = 90$
 $E_{\min} = 10$
 $E_{\Pi} = ?$

Решение:

I Пусть A — источник E и проведем через неё диаметр AB . Пусть $AE = a$, тогда:

Максимальная E при максимальном расстоянии $\Rightarrow$
 $E_{\max}$ в точке A , $E_{\min}$ в точке B :

Обозначим AE за a , тогда: a разность за R

$$EB = 2R - a; EO = R - a; CO = R$$

II Проведем $ED \perp AB$, так как ED — перпендикуляр к диаметру AB , то ED — хорда.

$$EO = R - a; CO = R$$

Найдем EC по теореме Пифагора:

$$EC^2 = EO^2 + CO^2 = (R - a)^2 + R^2 = 2R^2 - 2Ra + a^2$$

III Выразим напряженность в точках A , B и с коэф. k .

$$E_{\max} = E_A = \frac{k|q|}{a^2} = 90; E_{\min} = E_B = \frac{k|q|}{(2R - a)^2} = 10;$$

$$E_{\text{в центре}} = E_C = \frac{k|q|}{2R^2 - 2Ra + a^2}$$

$$\frac{k|q|}{a^2} = 90$$

$$a^2 = \frac{k|q|}{90} \quad a = \sqrt{\frac{k|q|}{90}}$$

$$(2R - a)^2 = \frac{k|q|}{10} \quad 2R - a = \sqrt{\frac{k|q|}{10}}$$

$$2R^2 - 2Ra + a^2 = \frac{k|q|}{E_C}$$

IV Подставим значение в уравнение и найдем E_C .
откуда найдем $E_C = E_{\Pi}$.

③

$$\begin{aligned}
 2R^2 - 2Ra + a^2 &= \text{Чертовик} \\
 &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{K|q|}{E_{\min}}} + \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}} \right)^2 - \left(\sqrt{\frac{K|q|}{E_{\min}}} + \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}} \right) \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}} + \frac{K|q|}{E_{\max}} \\
 &= \frac{K|q|}{2E_{\min}} + \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\min}}} \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}} + \frac{K|q|}{2E_{\max}} - \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\min}}} \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}} - \frac{K|q|}{E_{\max}} + \frac{K|q|}{E_{\max}} \\
 &= \frac{K|q|}{2E_{\min}} + \frac{K|q|}{2E_{\max}} = K|q| \left(\frac{1}{2E_{\min}} + \frac{1}{2E_{\max}} \right), \text{ микрога!}
 \end{aligned}$$

$$E_n = E_c = \frac{K|q|}{K|q| \left(\frac{1}{2E_{\min}} + \frac{1}{2E_{\max}} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{2E_{\min}} + \frac{1}{2E_{\max}}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot 10} + \frac{1}{2 \cdot 90}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{180}} = \frac{1}{\frac{10}{180}} = \frac{180}{10} = 18$$

Ответ: $E_n = 18 \text{ В/м}$



Чистовик

Задача №2

Дано:

$$E_{\max} = 90 \text{ В/м}$$

$$E_{\min} = 10 \text{ В/м}$$

Найти:

$$E_p - ?$$

Решение:

I Обозначим в окружности произвольную точку для точечного заряда и проведем через неё экватор (диаметр) AB .

Наибольшая напряженность $E_{\max}$ образуется в наиболее близкой точке. А в данном случае наиболее коротким расстоянием до окружности будет перпендикуляр к касательной L проходящий через точку A , лежащий на диаметре AB . Возьмем это расстояние AE за a , тогда:

Аналогично, $E_{\min}$ будет наименьше в точке B , тогда $EB = 2R - a$.

Максимальная напряженность $E_{\max}$ будет в точке A .

Обозначим радиус за R .

II Рассмотрим $\triangle CEO$ проведем EC

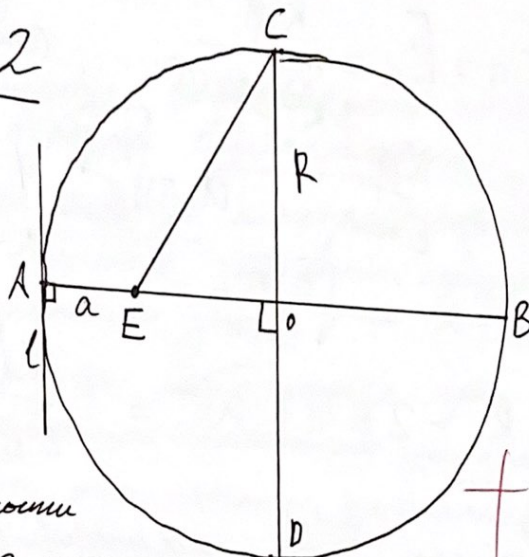
Построим диаметр $CB \perp AB$, на нём будут касательные $с$ и D . Также построим EO и рассмотрим $\triangle CEO$:

$CO = R$; $EO = R - a$. Найдем EC по теореме Пифагора:

$$EC^2 = CO^2 + EO^2 = R^2 + (R - a)^2 = 2R^2 - 2Ra + a^2$$

III Выразим по формуле напряженности E в каждой из именованных точек

$$E_{\max} = E_a = \frac{k|q|}{a^2} = 90 \quad (5) \quad E_{\min} = E_b = \frac{k|q|}{(2R - a)^2} = 10$$



$E_{\pi} = E_c = \frac{K|q|}{2R^2 - 2Ra + a^2}$ *Учитывая отсюда:*

$a^2 = \frac{K|q|}{E_{\max}}$ $a = \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}}$

$2R - a = \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\min}}}$

$2R^2 - 2Ra + a^2 = \frac{K|q|}{E_{\pi}}$

Найдем $\frac{K|q|}{E_{\pi}}$ подставив значения a и $2R - a$:

$2R^2 - 2Ra + a^2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{K|q|}{E_{\min}}} + \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}} \right)^2 - \left(\sqrt{\frac{K|q|}{E_{\min}}} + \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}} \right) \sqrt{\frac{K|q|}{E_{\max}}} + \frac{K|q|}{E_{\max}}$
 $= \frac{K|q|}{2E_{\min}} + \frac{K|q|}{2E_{\max}} + \frac{K|q|}{2E_{\max}} - \frac{K|q|}{E_{\min}} - \frac{K|q|}{E_{\max}} + \frac{K|q|}{E_{\max}} =$

$= \frac{K|q|}{2E_{\min}} + \frac{K|q|}{2E_{\max}} = K|q| \left(\frac{1}{2E_{\min}} + \frac{1}{2E_{\max}} \right)$ *отсюда:*

$E_{\pi} = \frac{K|q|}{K|q| \left(\frac{1}{2E_{\min}} + \frac{1}{2E_{\max}} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{2E_{\min}} + \frac{1}{2E_{\max}}} = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot 10} + \frac{1}{2 \cdot 90}} =$
 $= \frac{1}{\frac{10}{180}} = \frac{180}{10} = 18$

Ответ: $E_{\pi} = 18 \text{ В/м}$

отсюда $\oplus$

задача решена

⑥

Чистовик
Задача №5

Магматические горные породы составляют основную массу земной коры, это вулканические магматические горные породы, которые образуются при извержении вулканов, затекают в разломы и доходят до поверхности земли. +

Магматические горные породы образуются при застывании магмы - силикатного расплава, образовывающегося за счет гравитационного зависения и температуры в недрах земли.

В зависимости от того, где застывала масса, магматическим горным породам присваивают название:

1. Погруженные - когда машина засыпана на глубину под землей
2. Эргуживные - когда машина изымается на поверхности земли в процессе извержения.

Характер извержения определяется многими факторами: температура, давление, направление газов, высота магнезы.

В зависимости от этих факторов, извержение раз делится на 3 формы:

1. Эргудне - излившие маины на поверхность. Моина при этом высокая температура восходящих а конденсации газа кизина.
2. Эструдне - восдаививание моины из терна вулкана. При этом маина высокая температура кизина и конденсации газов.
3. Эминозне - взрыв внутри маины из-за выделений газов. Маина взрывает, испаряется а конденсация газов восходит. При этом взрыве вывертывается во время взрыва из вулкана всемаксимальная величина чистая масса, (13) которая при этом становится

Чертоты

-новыи вулканической породой (пирокластическая)
горной породой.

Трудный извержением плаваом твердими,
мелкими и газотвердыми:

Твердые - титра с застойной лава.

Мелкие - лава (мелкая, извержаемая на
поверхность земли)

Газотвердые - взрывной пор и углистый
газ.

Все магматические породы состоят преимущественно из силикатных минералов (пославшихся
амфибиолитом) и в зависимости от
содержания оксида кремния SiO_2
делятся на 4 группы:

• Углеродистые - $45\% SiO_2$. Темные породы,
эрозивные и рыхлые.

• Основные - $45-50\%$. Преимущественно базальт.
Базальт.

• Средние - $50-65\%$. Значительно светлее.
Анориты.

• Кислые - $< 65\%$. Светлые (например, кварциты),
рыхлые.

Транзиционные примесные:

1. Строитель и Строительство, облицовки зданий,
(мрамор и граниты).

2. Число и структура о вулканической и магматической
истории определенной территории.

3. Драгоценные ископаемые.

14

Отв. достаточно полнотой
но много ошибок

+

На фотографии

На фотографиях
известно,
различные
из-за,
факты
- это
породы
земли
примесные
с
ре
р
?

На фотопластинках

Чистовик

Задание №6

На фотопластинке изобразите пример дифференциального выветривания плотных осадочных пород.

Известно, что разные породы по-разному разрушаются с разной скоростью и интенсивностью из-за разного состава и свойств пород.

Быстрые и крупные быстрее разрушаются, а прочные - остаются. В запечатленном этапе разрушения породы основная причина на породе оказывает геологическая деятельность ветра (эоловые процессы). Ветер, сдувая породу, переносит с собой частицы песка и пыли, способствуя абразивной деятельности. Не менее важную роль в процессе разрушения пород играет вода и выветривание - изменение в разрушении пород под действием различных факторов: вода, кислород, неоднородность пород, перепады температур и другие. Важно отметить, что ветер не является агентом выветривания.

В зависимости от типа факторов выветривание подразделяют на 3 типа: механическое, биологическое и химическое. +

Выветривание изменяет и разрушает коренные породы, дробит монолитные породы на глыбы и щебень. После этого происходит процесс денудации - переноса продуктов разрушения.

(15)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Базили выделены из общей совокупности по-разному.

Чистовик

Бразиты рыхлятся на изломе, некоторые сильно крошатся и образуют шагрэвообразную фактуру.

Базальты, отступившие в процессе вулкани-
зации, являются, по мнению многих исследователей,
как вертикальных, так и горизонтальных.

Песчанники обвиваются корнями, ман-
кон замедляют ползущим своим зрением.
Всплывающей части возмущение водной
всплывающей, также процесс газосоединения.
А прочная часть остается манометром
ползущим разрывом кристаллической формы:
арки, концы, парамиды, другие.

На фоне изобителен атласен кристаличен
дермис. Нама Порог кимин (моята града)
повернава Бовинишу вавириване, осемин
карна (моята града) изга розноа своят
и состава порог. В дачной момент даване
виема на дачишу ачавава ветер.
Он отбавает „зрит“ перокоминиши или
песни а пивно предавал скруйотену
дермис. Этот процесс называется коррау.
Тогда карна покрываеши прищипани, ишоре
со виемем отбаву расте.

Такиим образом, именно геологическая деятельность запускает процессы и восстановление способностей образованию кристаллическим и многим другим горн. †

16

ответ полный

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

Чернов
Задание

$S_{DED} = 5$ Ab-tune

$S_{CED} = 6$ ABC-palnik

ABCE-?

Решение:

Itjens $\angle BAD = \angle DA$
korga:

To Winnebago June 4th 1864

$$\angle CBE = \angle ECB = \angle$$

Man kon ΔAB

- равнобедренные

$$\angle BCA = 2\alpha$$

$$\angle BEC = 180 -$$

II ЖЛ. н. 54 ББК

соответственно то
только основными

5BED BD

SCED DL

~~III no d. Ans~~

$$\cdot AB = 6 \times 56 = 117.$$

По св. Лиссабону

11x.6*

$$AC = \frac{1}{5} \times$$

IV Hängere

$$AB^2 = AC^2 + BC^2 -$$

$$(1+x)^2 = \left(\frac{66}{5} \times 1\right)^2 + 1$$

$$\frac{66}{5} \times \sqrt{\frac{66}{5} \times}$$

3666 + 1

Подписывать лист-вкладыш за

Черновик
Задача №3

$S_{BED} = 5$ AB -отсе
 $S_{CED} = 6$ ABC -равнобедр.
 $ABCE$ -?

Решение:

Пусть $\angle BAD = \angle DAC = \angle \alpha$,
тогда:

По свойству угла в окружности, опирающ. на одну дугу:

$$\angle CBE = \angle ECB = \angle \alpha$$

Тогда кон $\triangle ABC$ (по усл.) и $\triangle BEC$ (т.к. 2 угла по д.) -
- равнобедренные, то:

$$\angle BCA = 2\alpha$$

$$\angle BEC = 180 - 2\alpha$$

II По т.к. S_{BED} и S_{CED} равны $\frac{1}{2} \cdot BD \cdot h$ и $\frac{1}{2} \cdot DC \cdot h$,
соотносительно то (т.к. h -общая) высота от основания
показно основанию, а значит:

$$\frac{S_{BED}}{S_{CED}} = \frac{BD}{DC} = \frac{5}{6}$$

Возьмем BD и DC соот. $5x$ и $6x$

III по св. для $\triangle ABC$

$$AB = 6x + 5x = 11x \quad (\text{т.к. } \triangle ABC)$$

$$\text{По св. Симсона: } \frac{AB}{BD} = \frac{AC}{DC}; \quad \frac{11x}{5x} = \frac{AC}{6x};$$

$$AC = \frac{11x \cdot 6x}{5x} = \frac{66}{5} x$$

IV Найдём $\cos 2\alpha$ по теореме косинусов:

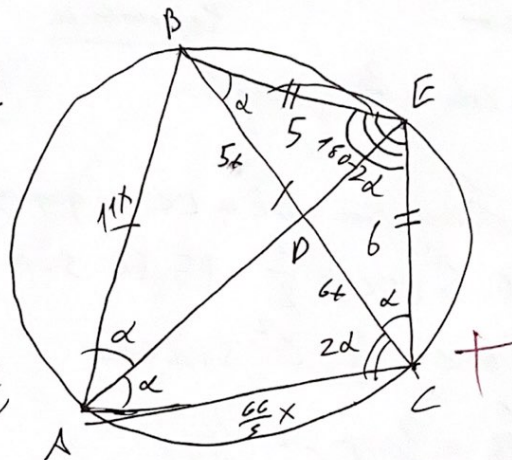
$$AB^2 = AC^2 + BC^2 - 2 \cdot AC \cdot AB \cdot \cos 2\alpha$$

$$(11x)^2 = \left(\frac{66}{5}x\right)^2 + (11x)^2 - 2 \cdot \frac{66}{5}x \cdot 11x \cdot \cos 2\alpha$$

$$\frac{66}{5}x \left(\frac{66}{5}x - 2 \cdot 11x \cdot \cos 2\alpha\right) = 0$$

$$36 \frac{66}{5}x = 2 \cdot 11x \cdot \cos 2\alpha \Rightarrow$$

(7)



cos

Черновики

$$\cos 2\alpha = \frac{3}{5}, \text{ тогда:}$$

V Найдем BE и EC по формуле площади через $\sin 2\alpha$:

$$S_{BEC} = \frac{1}{2} \cdot BE \cdot EC \cdot \sin(180-2\alpha)$$

$$S_{BEC} = \frac{1}{2} \cdot EC^2 \cdot \sin 2\alpha$$

$$\frac{5+6}{4} = \frac{1}{2} \cdot EC^2 \cdot \frac{4}{5}$$

$$\sin 2\alpha = \sqrt{1 - \cos^2 2\alpha}$$

$$\sin 2\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}}$$

$$\sin 2\alpha = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$EC^2 = \frac{13 \cdot 5}{4} = \frac{11 \cdot 5}{4} = \frac{55}{4}$$

$$EC = \sqrt{\frac{55}{4}}$$

VI Найдем BC через теорему косинусов:

$$BC^2 = 2EC^2 - 2EC^2 \cdot \cos(180-2\alpha)$$

$$BC^2 = 2EC^2(1 + \cos 2\alpha)$$

$$BC^2 = 2 \cdot \frac{55}{4} \cdot \frac{48}{5} = 2 \cdot 11 \cdot 4 = 88$$

$$BC = \sqrt{88}, \text{ тогда } AB = BC \text{ (м.н. X)}$$

VII Найдем ΔBCE :

$$\Delta BCE = 2BC + AB + CE = 2\sqrt{88} + \sqrt{\frac{55}{4}}$$

Чистовик

Задача №3

Дано:
 $S_{BED} = 5$
 $S_{CED} = 6$

$\triangle ABC$ - равно-
 бедренный

Найти AD - биссектриса

Найти:

$ABCE$ - ?

Решение:

I Вспомогательная окружность $\triangle ABC$ (равнобедренный) и проведем биссектрису AD до точки E на окружности. Пусть $\angle BAD$ и $\angle DAC$ равны α , тогда:

По свойству углов в окружности, лежащих на одной дуге: $\angle BEC = \angle CBE = \alpha$

П.к. $\triangle ABC$ (по условию) и $\triangle BED$ (углы у основания равны α) - равнобедренные, то:
 $\angle ACB = 2\alpha$; $\angle BEC = 180 - 2\alpha$.

II Так как $S_{BED} = 5$ и $S_{CED} = 6 = \frac{1}{2} BD \cdot h$ и $\frac{1}{2} DC \cdot h$ соответственно, то (т.к. у обоих треугольников общая высота h , лежащая на BC) разность площадей только из-за оснований, а значит:

$$\frac{S_{BED}}{S_{CED}} = \frac{BD}{DC} = \frac{5}{6}$$

CD на $6x$. +

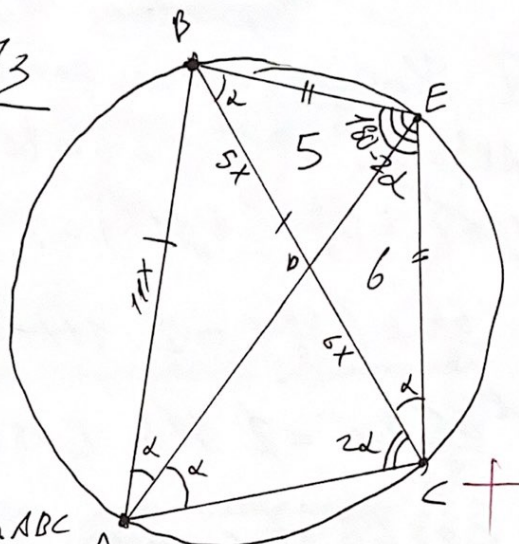
III Рассмотрим $\triangle ABC$:

Так как $AB = BC$, то $AB = 5x + 6x = 11x$

По свойству биссектрисы в треугольнике:

$$\frac{AB}{BD} = \frac{AC}{DC}, \text{ тогда } AC = \frac{11x \cdot 6x}{5x} = \frac{66}{5}x$$

(9)



Черновик Чистовик

IV Найти $\cos 2\alpha$ по стороне косинусов:

$$AB^2 = AC^2 + BC^2 - 2 \cdot AC \cdot BC \cdot \cos 2\alpha$$

$$(11)^2 = \left(\frac{66}{5}\right)^2 + (11)^2 - 2 \cdot \frac{66}{5} \cdot 11 \cdot \cos 2\alpha$$

$$\frac{66}{5} + \left(\frac{66}{5} - 2 \cdot 11 \cdot \cos 2\alpha\right) = 0$$

$$\frac{66}{5} \cdot 8 = 2 \cdot 11 \cdot \cos 2\alpha$$

$$\cos 2\alpha = \frac{3}{5}, \text{ тогда:}$$

V Найти BE и CE по площади треугольника через синус:

$$S_{BEC} = \frac{1}{2} \cdot BE \cdot CE \cdot \sin(180-2\alpha)$$

$$S_{BEC} = \frac{1}{2} CE^2 \sin 2\alpha \quad CE^2 = \frac{2 S_{BEC}}{\sin 2\alpha}$$

$$CE^2 = \frac{2 \cdot 11}{\frac{4}{5}} = \frac{7 \cdot 11 \cdot 5}{42} = \frac{55}{2}, \text{ тогда } CE = \sqrt{\frac{55}{2}}$$

$$\sin 2\alpha = \sqrt{1 - \cos^2 2\alpha}$$

$$\sin 2\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}}$$

$$\sin 2\alpha = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

VI Найти BC через теорему косинусов:

$$BC^2 = 2CE^2 - 2CE^2 \cos(180-2\alpha)$$

$$BC^2 = 2CE^2 (1 - \cos(180-2\alpha)) = 2CE^2 (1 + \cos 2\alpha)$$

$$BC^2 = 2 \cdot \frac{55}{2} \cdot \frac{8}{5} = 2 \cdot 11 \cdot 4 = 88$$

$$BC = \sqrt{88}, \text{ тогда } AB = \sqrt{88}, \text{ т.к. } AB = BC$$

VII Найти $ABCE$:

$$ABCE = AB + BC + CE = 2\sqrt{88} + \sqrt{\frac{55}{2}}$$

$$\text{Ответ: } ABCE = 2\sqrt{88} + \sqrt{\frac{55}{2}}$$

ответ верный
задача решена

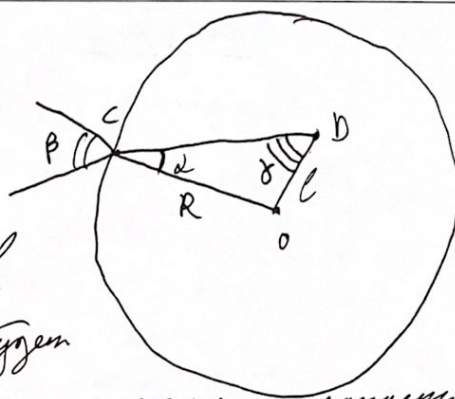
(10)

Черновик
Задание №4

$$R = 12 \text{ мм}$$

$$n_1 = 1,6$$

$l = ?$



I Определим длину OD , $OD = l$

луч, траектория от D , будет

применить в точку с приращением траектории по закону Снеллиуса:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{II} \quad \text{Так как луч содержит перенос (вакуум - вакуум) и вакуума = 1, то}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n_1} \quad \text{III} \quad \text{Числа из формулы}$$

малого вакуума отразится:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \leq \frac{1}{n_1}$$

IV Рассмотрим $\triangle COD$ по т. Синусов:

$$\frac{l}{\sin \alpha} = \frac{R}{\sin \beta} \leq \frac{R}{n_1 \sin \beta}$$

V Так как R может быть в любой точке

то α принимает любые значения, то $\alpha \in [0; 180]$, а $\sin \beta \in [0; 1]$. Но, т.к.

максимум манимальное l , то надо рассмотреть

$$l \leq \frac{R}{n_1}, \text{ так как } l_{\max}, \text{ то } l = \frac{R}{n_1} = \frac{12}{1,6}$$

$$= \frac{12}{1,6} = 7,5 \text{ мм}$$

Ответ: 7,5 мм.

(11)

Чистовик

Задача №4

Дано:
 $R = 12 \text{ мм}$
 $n_1 = 1,6$

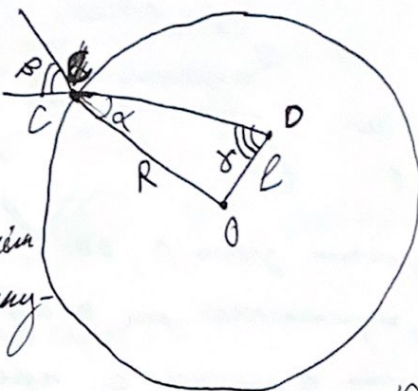
Найти:

l - ?

- D, в ней будет зерен.

Решение:

I. В оптической среде с центром в центре произвольную точку D, в ней будет зерен.



Назовём расстояние OD как l , а радиус - R .

От зеренка луч направляется в точку C, при этом он и отражается по закону Снеллиуса:

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$. План как луч совершает переход из одной среды в другую (из воздуха - воздух), а $n_2 = n_{\text{воздуха}} = 1$, то:

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \sin \alpha = \frac{1}{n_1}$. План как нам необходимо изобразить эррату полного внутреннего отражения, то!

$\sin \alpha \leq \frac{1}{n_1}$

II Рассмотрим $\cos \alpha$:
 По теореме синусов:

$$\frac{l}{\sin \alpha} = \frac{R}{\sin \beta} \leq \frac{R}{n_1 \sin \alpha}$$

III План как D может находиться в любой точке, а шар может быть как угодно ориентирован, то $\alpha \in [0; 180^\circ]$
 $\sin \alpha \in [0; 1]$

V План как нам нужно максимальное l то наименьшее $\sin \alpha$. $\sin \alpha = 1$, тогда, план как нам нужен максимальный l , то

$$l = \frac{R}{n_1} = \frac{12}{1,6} = 7,5 \text{ мм}$$

отсюда берёмся

Ответ: $7,5 \text{ мм}$



Нет четкого обозначения, что условие, что луч, исходящий из точки D испытает в некоторой точке на поверхности шара полное внутреннее отражение приводит к тому, что зеренка будет не больше, при котором светит луч из точки D