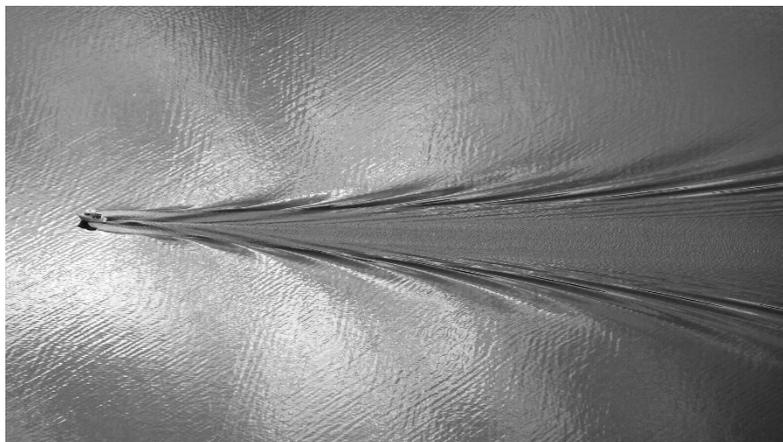


Задача 1. «Волны за кормой»

При испытаниях беспилотного судна оно движется параллельно берегу со скоростью $u = 3$ м/с. Было замечено, что через время $T = 6,5$ с после прохода судна мимо наблюдателя (момент максимального сближения) к берегу в точке наблюдения пришли волны, вызванные судном. При помощи фотографии определить расстояние h от судна до берега.



- А) Скорость волн больше или меньше скорости судна? Почему?
- Б) Дать определение понятия «волна» (в общем смысле, не обязательно на поверхности воды).
- В) На поверхности воды фазовая скорость волн, длина которых много меньше расстояния от поверхности воды до дна, зависит только от ускорения свободного падения g и их длины λ . Получить из соображений размерности формулу для фазовой скорости с точностью до безразмерного коэффициента.

Задача 2. «Прозрачный шарик»

В радиолокации в качестве антенны иногда используют линзу Лüneберга — шар радиусом R , абсолютный показатель преломления n которого зависит от расстояния до центра r как

$n = \sqrt{2 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}$. Линзу изготовили из $N = 10$ сферических слоев одинаковой толщины так,

чтобы абсолютный показатель преломления i -го слоя n_i соответствовал приведенной выше

формуле для $n_i = \frac{r_{i\max} + r_{i\min}}{2}$, где $r_{i\max}$ и $r_{i\min}$ — максимальное и минимальное расстояния от точек данного слоя до центра линзы.

- А) Рассчитать и записать в таблицу абсолютные показатели преломления каждого из слоев.
- Б) На выданном листе формата А4 изображено одно из поперечных сечений линзы и несколько параллельных световых лучей, попадающих на ее поверхность (идущих в плоскости данного сечения). Построить дальнейший ход лучей.
- В) Считая, что лучи изображали распространение отраженного от цели радиоизлучения, определить, на каком расстоянии (в единицах R) от поверхности линзы лучше всего расположить приемник излучения.

Г) При каких условиях радиоизлучение, отраженное от цели, корректно представлять параллельным пучком лучей?

Задача 3. «Потепление, которое вызвало оледенение»

При быстром снижении с эшелона $h_1 = 8000$ м, на котором температура воздуха была равна $t_1 = -40^\circ\text{C}$, самолет попал в слой воздуха на высоте $h_2 = 800$ м, где температура была равна $t_2 = +10^\circ\text{C}$. Топливные баки самолета расположены в полостях крыльев. Запас керосина в баках $m = 4$ т (считать постоянным). Теплоемкостью обшивки крыла при расчетах пренебречь. Удельную теплоемкость авиационного керосина $c = 2,0$ кДж/(кг·К), удельную теплоемкость воды $c_0 = 4,2$ кДж/(кг·К), удельную теплоту испарения воды $L = 2300$ кДж/кг, удельную теплоту плавления льда $q = 335$ кДж/кг считать постоянными. Плотность льда $\rho = 900$ кг/м³. Оценить, какая максимальная толщина льда h могла бы нарасти при достаточно длительном полете в нижнем слое воздуха, если бы лед нарастал равномерно. Площадь поверхности крыльев $S = 50$ м².

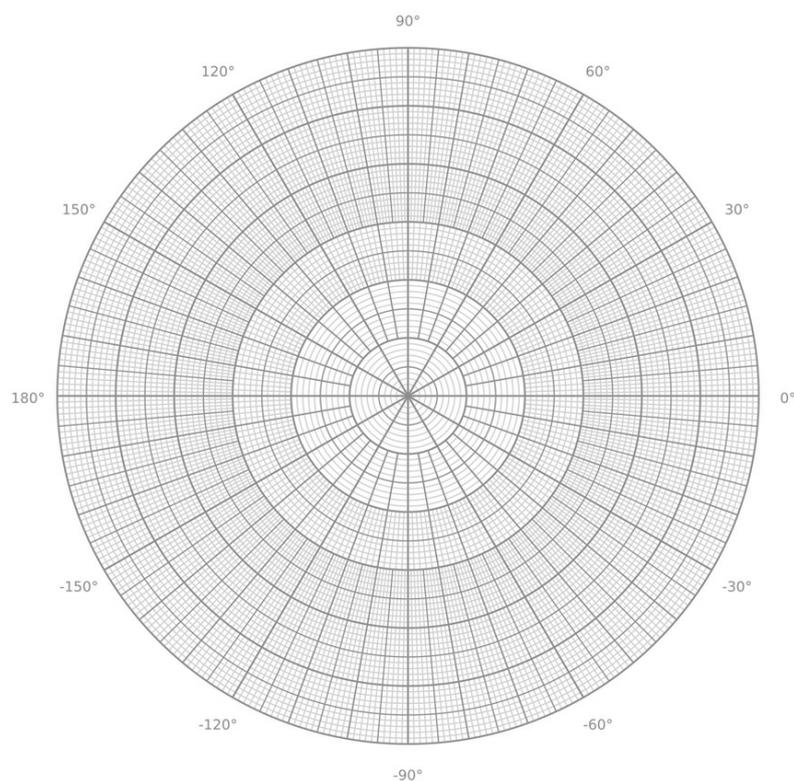
А) Почему обледенение корпуса самолета опасно (назвать не меньше двух причин)?

Б) Назвать как минимум два распространенных способа борьбы с обледенением.

В) Почему обледенение редко встречается на больших высотах?

Задача 4. «Мы следим за тобой!»

Аэродромный радар вращается вокруг вертикальной оси с частотой $n = 6$ мин⁻¹. При этом на круглом экране у оператора вращается светящийся отрезок, изображающий направление излучения радара.



Если с некоторого направления приходит отраженный сигнал, то на отрезке появляется светящаяся метка. Расстояние от центра экрана до метки пропорционально расстоянию от

радара до цели. Руководитель полетов наблюдает с помощью радара за движением некоторого самолета. В таблице ниже записаны значения углов α_i направлений и расстояний L_i до самолета в последовательные моменты появления метки на экране.

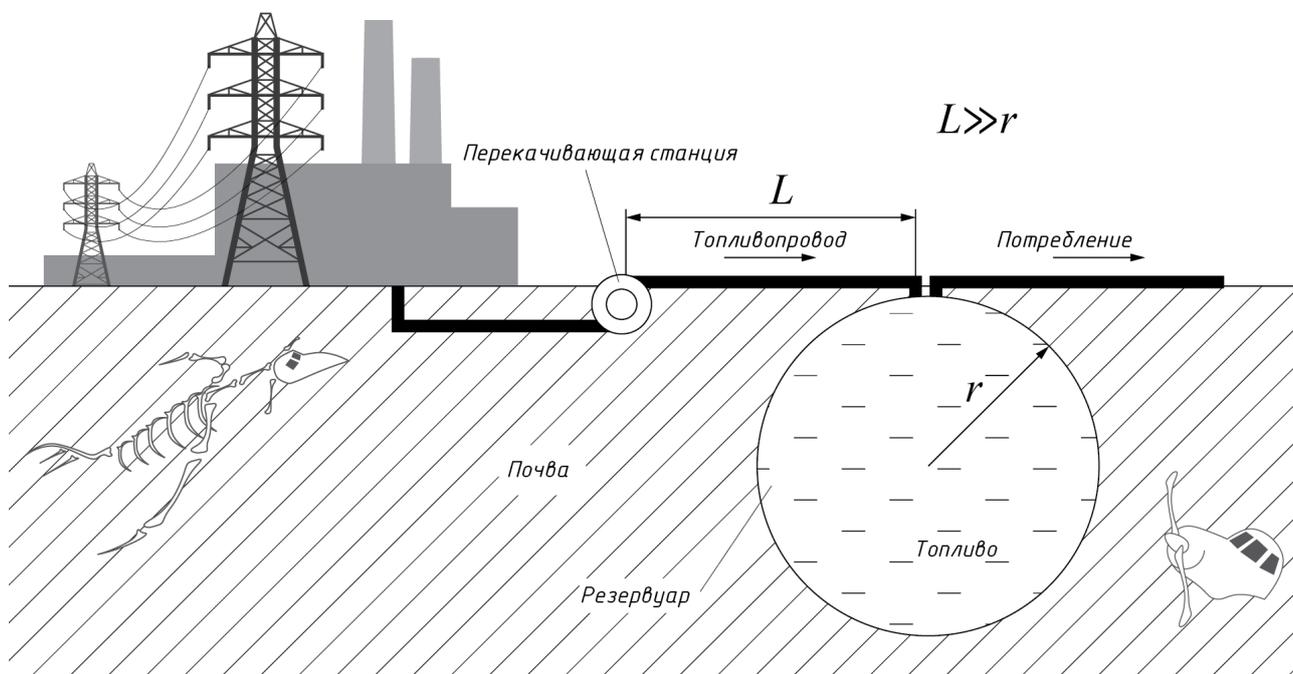
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
α , град	135,0	130,5	126,0	121,5	117,5	113,0	108,5	103,5	99,5	94,5
L , км	7,0	7,3	7,5	7,7	7,8	7,9	8,0	8,0	8,0	8,0

Определить скорость самолета v в конце участка наблюдения. Прямолинейно ли он движется? Что можно сказать о высоте его полета?

Задача 5. Гравитация

Гравитационный топливопровод

Существует гипотеза (ее реальность невозможно проверить из-за секретности), что вблизи города Соловца (Наукоград в стране розовых пони) наблюдается гравитационная аномалия, вызванная наличием запаса дизельного топлива на территории НИИЧаВо. Топливо сосредоточено в шарообразном подземном резервуаре радиуса $r = 50$ м. Плотность дизельного топлива 850 кг/м^3 , плотность почвы вокруг резервуара 1550 кг/м^3 . Масса стенок резервуара пренебрежимо мала по сравнению с запасами топлива в нем. Верхняя точка резервуара расположена вровень с поверхностью земли, по которой к нему проложен топливопровод от завода по переработке нефти. По мере расходования топлива в среднем 777 тонн/год его запасы восполняются так, что резервуар всегда полон.



А) Какие виды потерь мощности на перекачку жидкого топлива по топливопроводу вам известны?

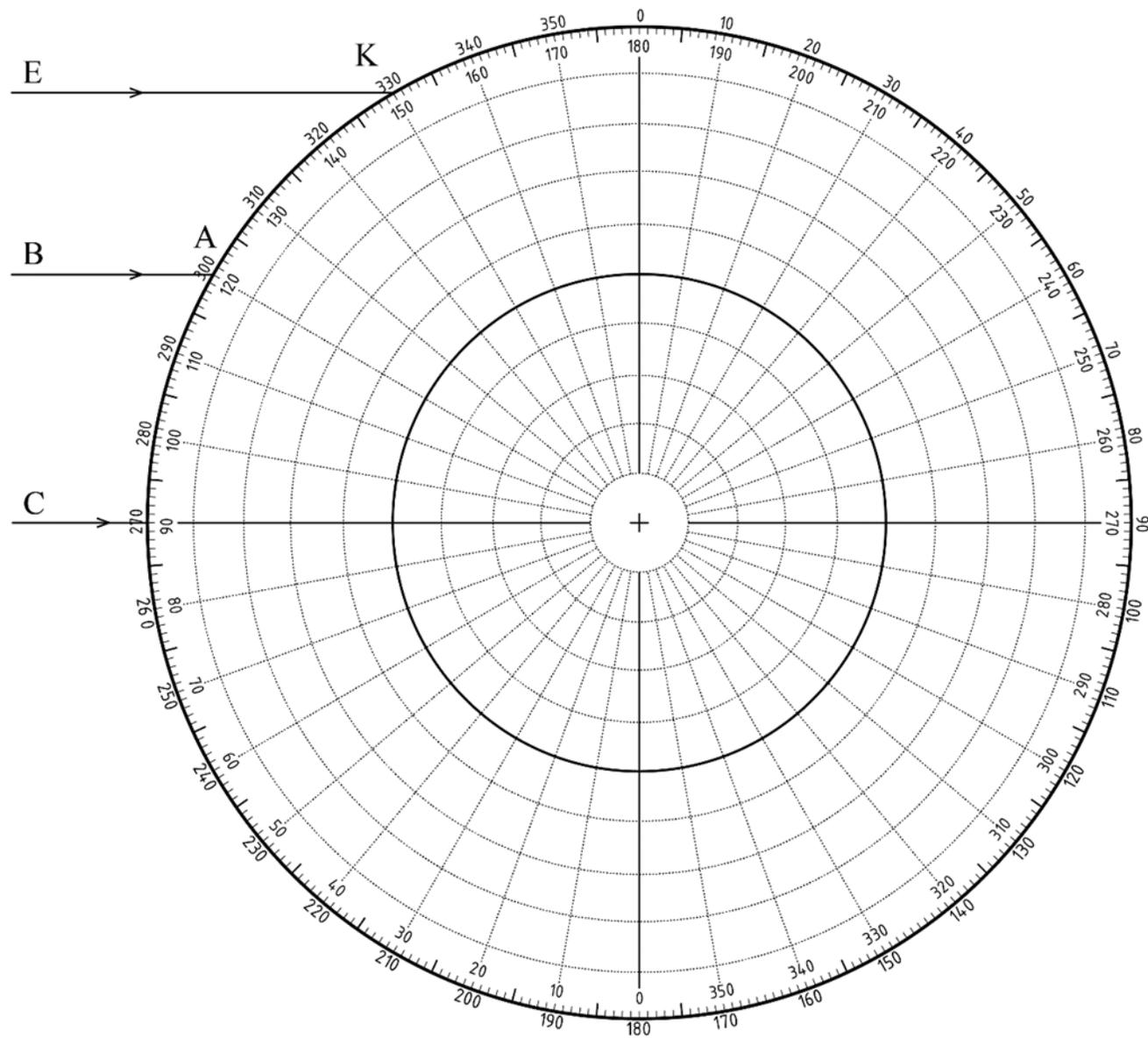
Б) Оценить минимальные дополнительные среднегодовые затраты электроэнергии на перекачивающей станции из-за наличия гравитационной аномалии.

Задача 6. «В горячей точке»

При точечной сварке листы металла прижимают друг к другу и накладывают с разных сторон друг напротив друга два электрода конической формы. Пусть пятно контакта круглое, диаметром $d = 3$ мм. Какой минимальной силы ток обеспечит точечную сварку двух стальных листов толщиной $l = 1$ мм каждый за время $\tau = 1$ с? Считать, что тепло распространяется на расстояние $x \sim \sqrt{\chi t}$ от источника за время t , где χ — коэффициент температуропроводности. Для стали $\chi = 10^{-5}$ м²/с. Проводимость стали (обратное удельное сопротивление) $\sigma = 1,4 \cdot 10^6$ См/м (1 См = 1 Ом⁻¹). Температура плавления $T = 1420^\circ\text{C}$. Температура в цеху $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Удельные теплоемкость $c = 0,46$ кДж/(кг·К) и теплота плавления $\lambda = 80$ кДж/кг. Плотность стали $\rho = 7,8$ г/см³. Параметры задачи считать постоянными. Принять, что ток постоянной плотности протекает только в цилиндрической области диаметром d между электродами. Нагревом электродов пренебречь.

А) Почему электроды изготавливают в форме усеченного конуса?

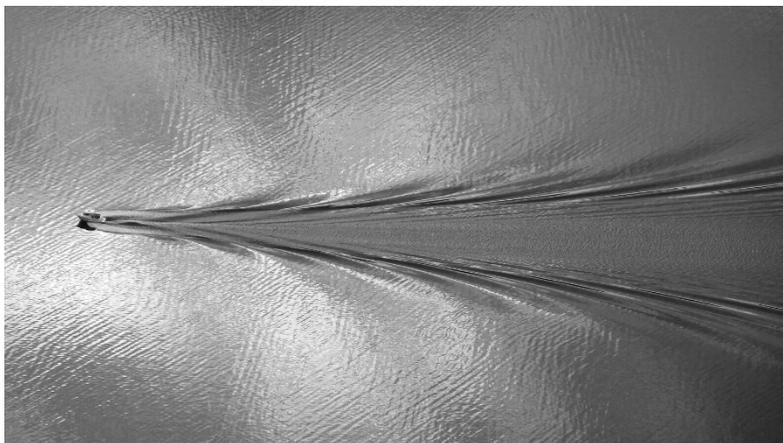
Б) Часто при сварке из-под электродов летят искры. Высказать обоснованное предположение о причинах этого явления.



К задаче 2.

Задача 1. «Волны за кормой»

При испытаниях беспилотного судна оно движется параллельно берегу на расстоянии $h = 5$ м от него с некоторой скоростью u . Было замечено, что через время $T = 4$ с после прохода судна мимо наблюдателя (момент максимального сближения) к берегу в точке наблюдения пришли волны, вызванные судном. При помощи фотографии определить u .



А) От места падения камня в воду по ее поверхности расходятся волны разных длин. Они складываются друг с другом, образуя сложную картину. В результате сложения волн каких длин λ (больших, средних или малых) образована граница взволнованной области, если фазовая скорость волн описывается формулой $v \sim \sqrt{g\lambda}$? Здесь ускорение свободного падения g и длины волны λ . Обосновать ответ.

Б) Дать определение понятия «длина волны». Для каких волн оно применимо?

В) На основе знаний явлений и законов объяснить, как ветер поднимает волны на поверхности водоема.

Задача 2. «Прозрачный шарик»

В радиолокации в качестве антенны иногда используют линзу Люнеберга — шар радиусом R , абсолютный показатель преломления n которого зависит от расстояния до центра r как

$n = \sqrt{2 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}$ Линзу изготовили из $N = 10$ сферических слоев одинаковой толщины так,

чтобы абсолютный показатель преломления i -го слоя n_i соответствовал приведенной выше

формуле для $r_i = \frac{r_{i\max} + r_{i\min}}{2}$, где $r_{i\max}$ и $r_{i\min}$ — максимальное и минимальное расстояния от точек данного слоя до центра линзы.

А) Рассчитать и записать в таблицу абсолютные показатели преломления каждого из слоев.

Б) На выданном листе формата А4 изображено одно из поперечных сечений линзы и несколько параллельных световых лучей, попадающих на ее поверхность (идуших в плоскости данного сечения). Построить дальнейший ход лучей.

В) Считая, что лучи изображали распространение отраженного от цели радиоизлучения, определить, на каком расстоянии (в единицах R) от поверхности линзы лучше всего расположить приемник излучения.

Задача 3. «Потепление, которое вызвало оледенение»

При быстром снижении с эшелона $h_1 = 9000$ м, на котором температура воздуха была равна $t_1 = -50^\circ\text{C}$ самолет попал в слой воздуха на высоте $h_2 = 900$ м, где температура была равна $t_2 = +5^\circ\text{C}$. Топливные баки самолета расположены в полостях крыльев. Теплоемкостью обшивки крыла при расчетах пренебречь. Удельную теплоемкость авиационного керосина $c = 2,0$ кДж/(кг·К), удельную теплоемкость воды $c_0 = 4,2$ кДж/(кг·К), удельную теплоту испарения воды $L = 2300$ кДж/кг, удельную теплоту плавления льда $q = 335$ кДж/кг считать постоянными. Плотность льда $\rho = 900$ кг/м³. Оценить запас керосина в баках m (считать постоянным), если максимальная толщина льда, которая могла бы нарасти при достаточно длительном полете в нижнем слое, равна $h = 1$ мм (если бы лед нарастал равномерно). Площадь поверхности крыльев $S = 70$ м².

А) Обледенение каких частей самолета наиболее опасно (назвать как минимум две части и объяснить причины)?

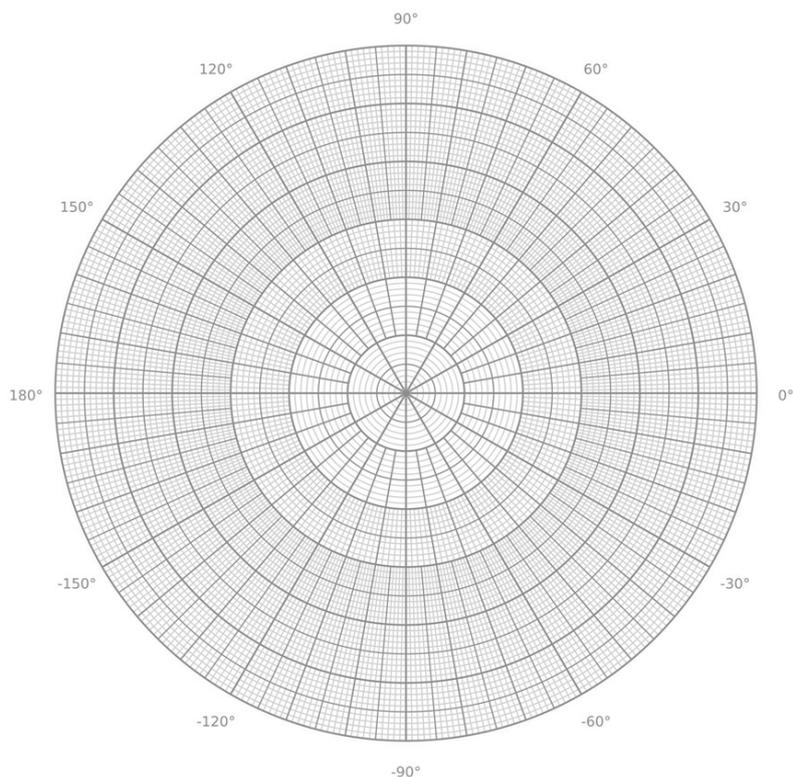
Б) Как называется процесс перехода воды из газообразного сразу в твердое состояние? На каких поверхностях самолета этот процесс будет идти в первую очередь и почему?

В) Какими свойствами должны обладать противообледенительные жидкости, которыми обрабатывают самолеты перед взлетом, и почему?

Задача 4. «Мы следим за тобой!»

Аэродромный радар вращается вокруг вертикальной оси с частотой $n = 6$ мин⁻¹. При этом на круглом экране у оператора вращается светящийся отрезок, изображающий направление излучения радара. Если с некоторого направления приходит отраженный сигнал, то на отрезке появляется светящаяся метка. Расстояние от центра экрана до метки пропорционально расстоянию от радара до цели. Руководитель полетов наблюдает с помощью радара за движением некоторого самолета. В таблице ниже записаны значения углов α_i направлений и расстояний L_i до самолета в последовательные моменты появления метки на экране.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
α , град	-165,0	-163,5	-171,5	-174,0	-177,5	177,0	171,0	159,0	140,0	120,0
L , км	11,0	10,0	9,2	8,5	7,7	7,0	6,3	5,5	5,0	5,0

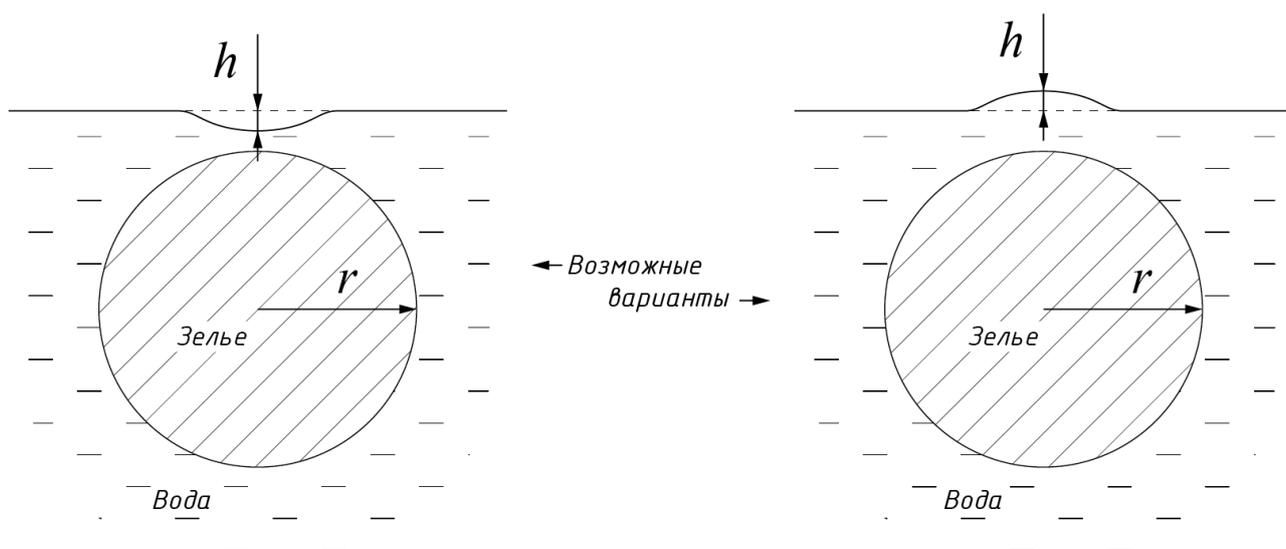


Определить скорость самолета v в конце участка наблюдения. Прямолинейно ли он движется? Что можно сказать о высоте его полета?

Задача 5. Гравитация

Подводные закрома Родины

2. Существует гипотеза (ее реальность невозможно проверить из-за секретности), что вблизи града Китежа (Подводный Наукоград в стране розовых пони) наблюдается гравитационная аномалия, вызванная наличием стратегического запаса магического зелья в озере Светлояр.



Зелье сосредоточено в шарообразном подводном резервуаре радиуса $r = 50$ м. Плотность зелья 1666 кг/м^3 , плотность живой воды вокруг резервуара 999 кг/м^3 . Масса стенок резервуара пренебрежимо мала по сравнению с максимально возможной массой зелья в нем. Глубина

установки резервуара от его верхней точки до поверхности озера гораздо меньше размеров самого резервуара. Объем резервуара гораздо меньше объема воды в озере.

А) Перед установкой над резервуаром маятниковых часов надо удлинить или укоротить их подвес, чтобы они шли точно (без учета магии)?

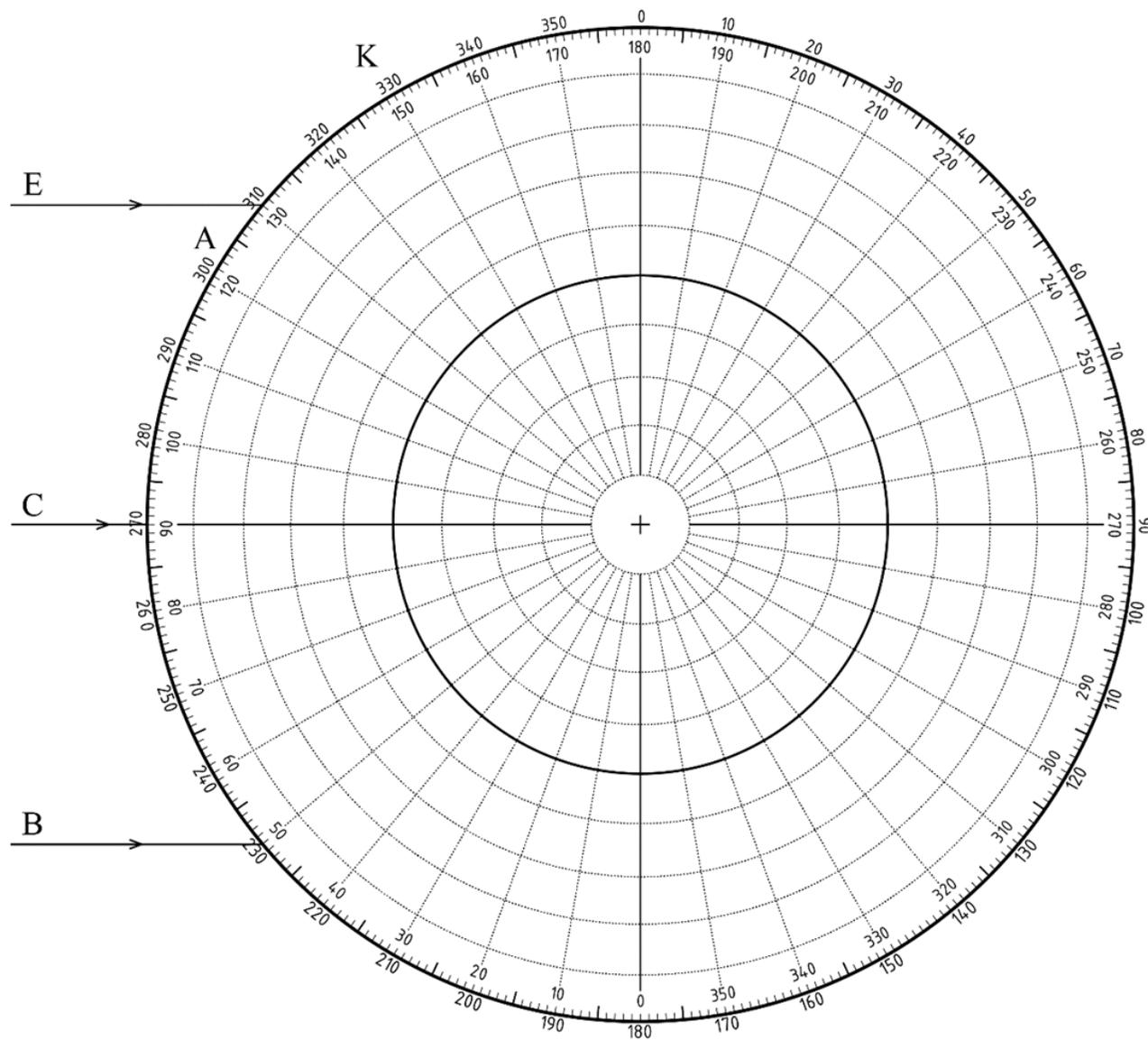
Б) Определить локальное изменение уровня озера Светлояр над резервуаром с зельем из-за гравитационной аномалии (уровень повысился или понизился и на сколько?).

Задача 6. «В горячей точке»

При точечной сварке листы металла прижимают друг к другу и накладывают с разных сторон друг напротив друга два электрода конической формы. Пусть пятно контакта круглое, диаметром $d = 2$ мм. Какой минимальной силы ток обеспечит точечную сварку двух стальных листов толщиной $l = 0,2$ мм каждый за время $\tau = 1$ с? Считать, что тепло распространяется на расстояние $x \sim \sqrt{\chi t}$ от источника за время t , где χ — коэффициент температуропроводности. Для стали $\chi = 10^{-5}$ м²/с. Проводимость стали (обратное удельное сопротивление) $\sigma = 1,4 \cdot 10^6$ См/м (1 См = 1 Ом⁻¹). Температура плавления $T = 1420^\circ\text{C}$. Температура в цеху $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Удельные теплоемкость $c = 0,46$ кДж/(кг·К) и теплота плавления $\lambda = 80$ кДж/кг. Плотность стали $\rho = 7,8$ г/см³. Параметры задачи считать постоянными. Принять, что ток постоянной плотности протекает только в цилиндрической области диаметром d между электродами. Нагревом электродов пренебречь.

А) Почему электроды при нормальной работе не привариваются к листам металла?

Б) При дуговой сварке (в отличие от точечной) электрод не касается листов металла. Высказать обоснованное предположение о том, как электрический ток преодолевает этот промежуток.



К задаче 2.