

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

10 класс

Вариант 1

Задача 1

Одной из самых больших проблем в полярной науке является измерение толщины плавающего морского льда, покрывающего Северный Ледовитый океан. Сейчас такие измерения проводятся и с помощью спутников. Для измерения толщины льда необходимо измерить высоту поверхности льда над уровнем моря. Однако, особую проблему представляет случай, когда поверхность льда покрыта рыхлым снегом.

1. Поверхность льда покрыта слоем рыхлого снега со средней толщиной $d_1 = 0,22$ м, а высота поверхности этого слоя снега над уровнем моря составляет $h_1 = 0,50$ м. Определите общую толщину льда (без учета снега). Плотность снега $\rho_c = 400$ кг/м³, плотность льда $\rho_l = 900$ кг/м³, плотность морской воды $\rho_b = 1025$ кг/м³.
2. Определите за какое время луч лазера со спутника достигнет поверхности моря и вернется назад. Высота орбиты спутника 600 км.
3. Насколько изменится это время, если в поле зрения спутника окажется льдина, выступающая над водой на 0,10 м.
4. Мощность лазера на спутнике составляет 100 Вт. Луч лазера расходится, в данном случае можно считать его конусом с углом $\alpha = 0,00001$ рад при вершине. Расстояние от спутника до поверхности льда – 600 км. При прохождении луча в атмосфере в одну сторону теряется 25% его энергии. Коэффициент отражения поверхности льда – 0,80. Считая отражение зеркальным, определите электрическую мощность сигнала на детекторе спутника. Диаметр фотоприемника 1 см, а эффективность преобразования энергии 0,25.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Задача 2

Для исследования адгезии льда к новому материалу его образец поместили на внешней стороне барабана центрифуги с радиусом $R = 1$ м. На образец предварительно были нанесены капли воды объемом 0,05 мл, которые приобрели полусферическую форму перед замерзанием. Барабан медленно раскручивают вокруг своей оси. При частоте вращения равной 15 с^{-1} капли льда стали отрываться.

1. Найти величину адгезии льда к новому материалу. Соппротивление воздуха и силы тяжести не учитывать, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$.
2. Рассчитайте при какой частоте вращения (об/мин) лопастей ветрогенератора, изготовленных из нового материала, такая ледяная капля, находящаяся на конце лопасти на расстоянии 100 метров от оси вращения оторвется под действием инерции. Считать, что площадь контакта капли с поверхностью и масса капли остаются неизменными.
3. Инженеры исследуют следующий способ борьбы с обледенением – предлагается кратковременно нагревать поверхность лопастей при помощи пропускания тока по проводящему покрытию. Определите какая энергия нужна, чтобы растопить лед при температуре $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ на площади $S = 1 \text{ м}^2$, если поверхностная плотность капель составляет 5 шт на 1 см^2 . Потери тепла не учитывать, теплоемкостью самой лопасти пренебречь.
4. Лопастей ветрогенератора, сделанные из стеклопластика, обладают упругостью, и под воздействием ветровых нагрузок всегда колеблются в поперечном направлении (подобные колебания легко представить, если зажать один конец металлической линейки, а другой свободный конец слегка изогнуть и отпустить). Теория упругости показывает, что частота таких колебаний лопастей обратно пропорциональна корню из массы лопасти, и может быть измерена встроенными пьезодатчиками. Инженеры предложили использовать этот эффект для измерения степени обледенения. Пусть лопасть с площадью поверхности 128 м^2 и массой 15 т покрыта каплями льда с указанными ранее параметрами. Оцените относительное изменение частоты собственных колебаний лопасти.

Примечание: величиной адгезии называют отношение силы, необходимой для отделения поверхностей друг от друга к площади соприкосновения. Величина адгезии измеряется в Паскалях, $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$. Пример, адгезия 1 МПа означает, что для отрыва клея площадью 1 см^2 требуется усилие в 100 Н.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Задача 3

Арктическая станция состоит из трех жилых модулей, расположенных на дрейфующей льдине, площадью 50000 м^2 . Центр системы координат находится в центре масс льдины. Все модули находятся на одной оси x , проходящей через центр масс льдины. В ближайшее время на льдину хотят установить еще один жилой модуль (последний).

Напишите программу, которая определит координаты точки установки четвертого модуля, при которых центр масс всех четырех модулей будет находиться в центре льдины (не возникнет крен льдины), а также насколько увеличится глубина погружения подводной части льдины при установке четвертого модуля. Все величины задаются в системе СИ. Считайте, что льдина имеет плоские верхнюю и нижнюю поверхности, а ее толщина везде одинакова. Плотность морской воды $\rho_v = 1025 \text{ кг/м}^3$. Перед кодом программы обязательно опишите алгоритм и приведите вывод используемых формул для нахождения искомых величин.

Входные данные:

- 1) координата x_1 , масса m_1 первого модуля;
- 2) координата x_2 , масса m_2 второго модуля;
- 3) координата x_3 , масса m_3 третьего модуля;
- 4) масса m_4 четвертого модуля.

Выходные данные:

- 1) координата x_4 четвертого модуля;
- 2) увеличение глубины погружения подводной части льдины Δl при установке четвертого модуля.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

Вариант 2

Задача 1

Одной из самых больших проблем в полярной науке является измерение толщины плавучего морского льда, покрывающего Северный Ледовитый океан. Сейчас такие измерения проводятся и с помощью спутников. Для измерения толщины льда необходимо измерить высоту поверхности льда над уровнем моря. Однако, особую проблему представляет случай, когда поверхность льда покрыта рыхлым снегом.

1. Поверхность льда покрыта слоем рыхлого снега со средней толщиной $d_1 = 0,18$ м, а высота поверхности этого слоя снега над уровнем моря составляет $h_1 = 0,42$ м. Определите общую толщину льда (без учета снега). Плотность снега $\rho_c = 400$ кг/м³, плотность льда $\rho_l = 900$ кг/м³, плотность морской воды $\rho_b = 1025$ кг/м³.
2. Определите за какое время луч лазера со спутника достигнет поверхности моря и вернется назад. Высота орбиты спутника 900 км.
3. Насколько изменится это время, если в поле зрения спутника окажется льдина, выступающая над водой на 0,30 м.
4. Мощность лазера на спутнике составляет 80 Вт. Луч лазера расходится, в данном случае можно считать его конусом с углом $\alpha = 0,000005$ рад при вершине. Расстояние от спутника до поверхности льда – 900 км. При прохождении луча в атмосфере в одну сторону теряется 30% его энергии. Коэффициент отражения поверхности льда – 0,70. Считая отражение зеркальным, определите электрическую мощность сигнала на детекторе спутника. Диаметр фотоприемника 1 см, а эффективность преобразования энергии 0,20.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль «Арктика»
Междисциплинарные задачи

д

Задача 2

Для исследования адгезии льда к новому материалу его образец поместили на внешней стороне барабана центрифуги с радиусом $R = 1$ м. На образец предварительно были нанесены капли воды объемом 0,05 мл, которые приобрели полусферическую форму перед замерзанием. Барабан медленно раскручивают вокруг своей оси. При частоте вращения равной 10 с^{-1} капли льда стали отрываться.

1. Найти величину адгезии льда к новому материалу. Сопротивление воздуха и силы тяжести не учитывать, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$.
2. Рассчитайте при какой частоте вращения (об/мин) лопастей ветрогенератора, изготовленных из нового материала, такая ледяная капля, находящаяся на конце лопасти на расстоянии 120 метров от оси вращения оторвется под действием инерции. Считать, что площадь контакта капли с поверхностью и масса капли остаются неизменными.
3. Инженеры исследуют следующий способ борьбы с обледенением – предлагается кратковременно нагревать поверхность лопастей при помощи пропускания тока по проводящему покрытию. Определите какая энергия нужна, чтобы растопить лед при температуре $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ на площади $S = 1 \text{ м}^2$, если поверхностная плотность капель составляет 7 шт на 1 см^2 . Потери тепла не учитывать, теплоемкостью самой лопасти пренебречь.
4. Лопасти ветрогенератора, сделанные из стеклопластика, обладают упругостью, и под воздействием ветровых нагрузок всегда колеблются в поперечном направлении (подобные колебания легко представить, если зажать один конец металлической линейки, а другой свободный конец слегка изогнуть и отпустить). Теория упругости показывает, что частота таких колебаний лопастей обратно пропорциональна корню из массы лопасти, и может быть измерена встроенными пьезодатчиками. Инженеры предложили использовать этот эффект для измерения степени обледенения. Пусть лопасть с площадью поверхности 150 м^2 и массой 20 т покрыта каплями льда с указанными ранее параметрами. Оцените относительное изменение частоты собственных колебаний лопасти.

Примечание: величиной адгезии называют отношение силы, необходимой для отделения поверхностей друг от друга к площади соприкосновения. Величина адгезии измеряется в Паскалях, $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$. Пример, адгезия 1 МПа означает, что для отрыва клея площадью 1 см^2 требуется усилие в 100 Н.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
профиль «Арктика»

Задача 3

Арктическая станция состоит из трех жилых модулей, расположенных на дрейфующей льдине, площадью 10000 м^2 . Центр системы координат находится в центре масс льдины. Все модули находятся на одной оси x , проходящей через центр масс льдины. В ближайшее время на льдину хотят установить еще один жилой модуль (последний).

Напишите программу, которая определит координаты точки установки четвертого модуля, при которых центр масс всех четырех модулей будет находиться в центре льдины (не возникнет крен льдины), а также насколько уменьшится высота надводной части льдины при установке четвертого модуля. Все величины задаются в системе СИ. Считайте, что льдина имеет плоские верхнюю и нижнюю поверхности, а ее толщина везде одинакова. Плотность морской воды $\rho_v = 1025 \text{ кг/м}^3$. Перед кодом программы обязательно опишите алгоритм и приведите вывод используемых формул для нахождения искомых величин.

Входные данные:

- 1) координата x_1 , масса m_1 первого модуля;
- 2) координата x_2 , масса m_2 второго модуля;
- 3) координата x_3 , масса m_3 третьего модуля;
- 4) масса m_4 четвертого модуля.

Выходные данные:

- 1) координата x_4 четвертого модуля;
- 2) увеличение глубины погружения подводной части льдины Δl при установке четвертого модуля.