

«ДАРЫН» РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ПРАКТИКАЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫ
ФИЗИКА ПӘНІ БОЙЫНША РЕСПУБЛИКАЛЫҚ ОЛИМПИАДАНЫҢ ТӨРТІНШІ
(ҚОРЫТЫНДЫ) КЕЗЕҢІ (2022-2023 ОҚУ ЖЫЛЫ)
11 сынып, 1 тур

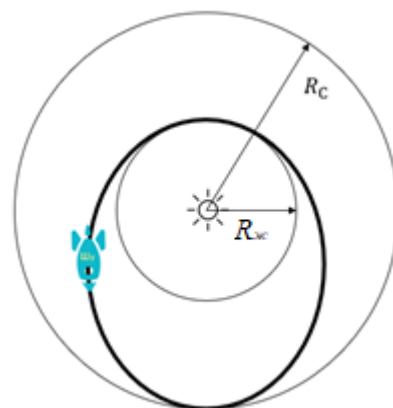
Жұмыс уақыты: 4 сағат

Есеп_1. «Қоспа» [10,0 ұпай]

Бұл есеп бір-бірінен тәуелсіз үш бөлімнен тұрады.

1.1- бөлім. “Шу” зымыранының ұшуы (4,0 ұпай)

Физик Нұрдаулет Қазғарышта жұмыс істейді және “Шу” зымыранының, жер маңындағы орбитадан Сатурн орбитасына жақын, дөңгелек орбитаға ұшуы үшін қажетті есептеулер жүргізеді. Нұрдаулеттің есептеулері бойынша “Шу” бұл ауысуды, оң жақтағы суретте қою қара сызықпен көрсетілген эллипстік орбита арқылы жүзеге асырады. Бұған, Жер орбитасының маңында жылдамдықтың бастапқы Δv_1 өзгерісі, одан кейін Сатурн орбитасының маңында жылдамдықтың Δv_2 екінші өзгерісі арқылы, қол жеткізуге болады. (Есептеулер бойынша жылдамдықтардың бұл өзгерістері лездік импульстер есебінен туындайды. Лездік импульстер орын алған кезде зымыран массасының өзгерісі ескерілмейді). Жер мен Сатурн бір жазықтықта жататын, радиустары сәйкесінше $R_{\text{Ж}} = 150 \cdot 10^6$ км және $R_{\text{С}} = 1350 \cdot 10^6$ км болатын дөңгелек орбиталар бойымен қозғалады. Нұрдаулетке келесі шамаларды анықтауға көмектесіңіз:

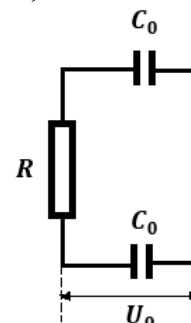


1. Жер мен Сатурнның өз дөңгелек орбиталары бойымен сәйкесінше $v_{\text{ж}}$ және $v_{\text{с}}$ қозғалу жылдамдықтарын.
2. Жердің дөңгелек орбитасынан эллипстік орбитаға өтуге қажетті жылдамдықтың бастапқы Δv_1 өзгеріс шамасын.
3. Эллипстік орбитадан Сатурнның дөңгелек орбитасына өтуге қажетті жылдамдықтың Δv_2 , өзгеріс шамасын.
4. Жерден қозғалысын бастаған зымыран Сатурнға келіп қонады деп есептеп, Күннен өлшенген, Жер мен Сатурн арасындағы бұрыштық қашықтықты.

Күн массасы – $M_{\text{с}} = 2 \cdot 10^{30}$ кг, гравитациялық тұрақты – $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$.

1.2-бөлім. Екі конденсатордың параллель жалғануы (3,0 ұпай)

Екі конденсатор R кедергі арқылы параллель жалғанған (суретті қараңыз). Бастапқы мезетте конденсаторлар жапсарларындағы потенциалдар айырымы 470 В болған. Бір конденсатордың пластинасын 3 с уақытта 1,8 мм қашықтыққа бірқалыпты жылжытады және дәл сондай жылдамдықпен бастапқы күйіне әкеледі. Осы кезде атқарылған механикалық жұмысты анықтаңыз. Конденсаторларды жазық деп есептеңіз, пластиналарының ауданы 400 см^2 , жапсарлар арасындағы қашықтық – 0,6 мм, резистор кедергісі – 25 кОм. Диэлектрлік тұрақты $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.



1.3- бөлім. Екі газдың араласуы (3,0 ұпай)

Ыдыс, екі түрлі газдарды бір-бірінен ажыратып тұрған бөгет арқылы, екі бірдей бөлікке бөлінген. Газдардың моль мөлшерлері белгілі және де сәйкесінше ν_1 және ν_2 тең екенін ескеріп, бөгетті алып тастаған кездегі жүйенің энтропиясының өзгерісін анықтаңыз.

Араласқанға дейінгі газдардың температуралары бірдей, ыдыс жылулық оқшауланған. Универсал газ тұрақтысы R .

Есеп _2 Джеймс Вебб ғарыштық телескопы [10 ұпай]

2021 жылдың аяғында көптен күткен Джеймс Вебб (JWST) ғарыштық телескопы ұшырылды. Орбитада болған аздаған уақытта, ол біздің Ғалам жайлы түсінігімізді өзгертуге мүмкіндік беретін, зерттеушілер үшін өте құнды мәліметтердің орасан зор мөлшерін жинақтады.

Инженерлер мен ғалымдар үшін шешуге тура келген ең күрделі мәселелердің бірі телескоптың ғарыштық обсерваториясының аспаптарын салқындату болды. Ғарышта конвекция және жылу өткізгіштік болмағандықтан, жылулық сәулелену жылу берудің негізгі механизмі болып табылады.

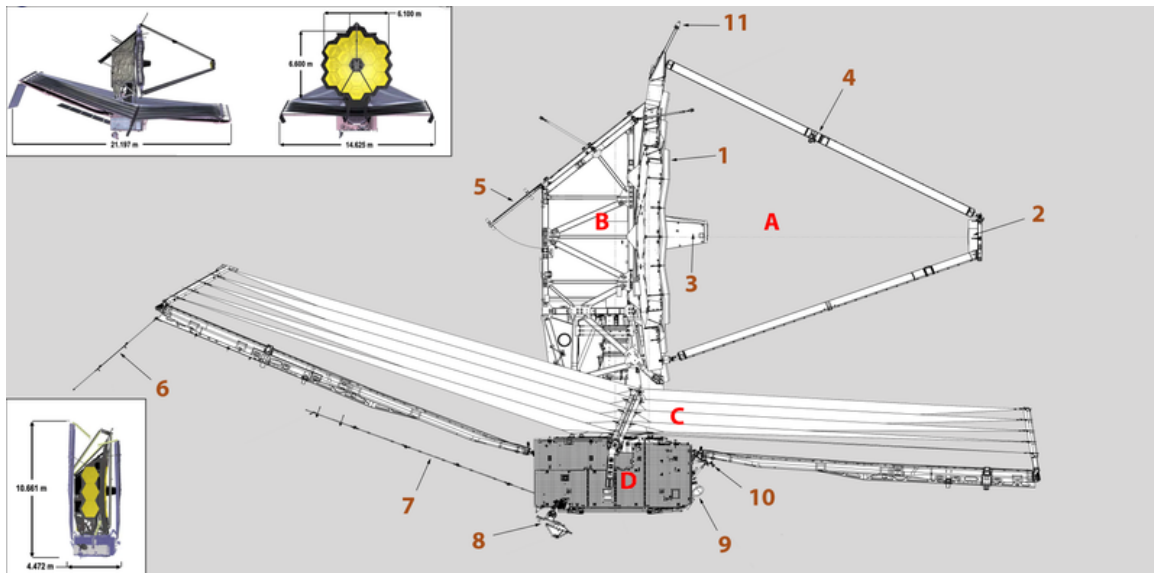
1. Күннің бетін абсолютті қара дене деп есептеп, оның бетінен шығарылатын сәуленің қуатын табыңыз.
2. Жер орбитасы аймағындағы күннен шыққан сәулелердің интенсивтілігін табыңыз.
3. Жер орбитасы аймағындағы күннен шыққан сәулелердің салдарынан абсолютті қара сфералық дене қандай температураға дейін қызатындығын табыңыз.

Күннен шыққан сәулелердің әсерін азайту үшін JWST–ті Лагранж 2 нүктесі деп аталатын нүктеге – ғарыштық аппарат тепе-теңдікте болатын, Күн-Жер түзуінің бойында, Күннен қарама-қарсы бағытта Жерден r_{L2} қашықтықта орналасқан нүктеге орналастыру туралы шешім қабылданды. Осылайша, Күн мен Жер әрқашан телескоптың бір жағында болады және Күн қалқаны олардан сәулеленуді бөгей алады.

4. Лагранж 2 нүктесі Жерден қандай r_{L2} қашықтықта орналасқан?
5. Осы нүктедегі сәулеленудің E_0 интенсивтілігі табыңыз. Жер мен Айдың көлеңкелерін ескермеңіз.
6. Лагранж 2 нүктесінде күннен шыққан сәулелердің салдарынан абсолютті қара сфералық дене қандай температураға дейін қызатындығын табыңыз.

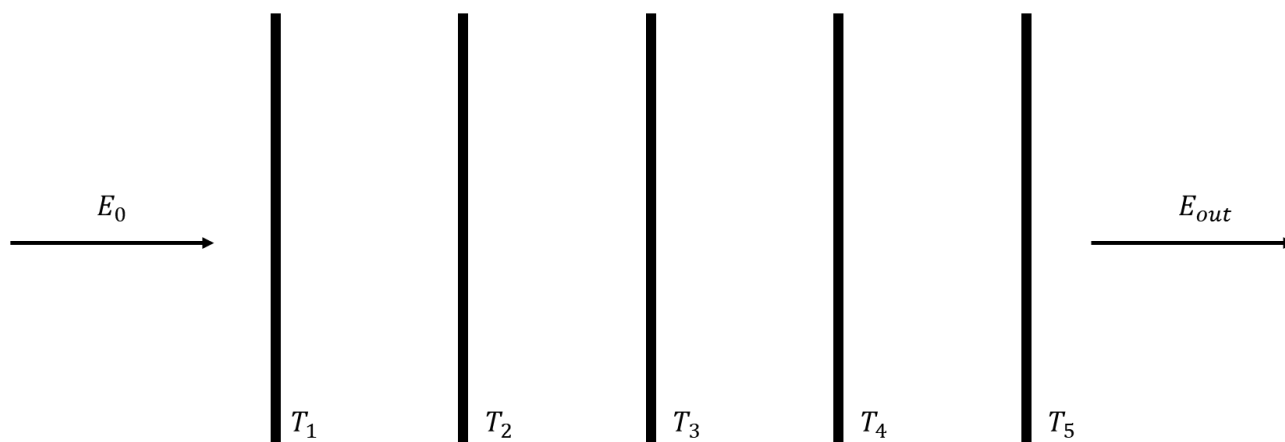
Алайда, обсерватория күн батареяларымен жұмыс істейді, ал Лагранж 2 нүктесінде Жердің көлеңкесіне байланысты жарық өте аз. Сонымен қатар, Лагранж 2 нүктесі тұрақсыз, сондықтан телескопты Лагранж 2 нүктесіне жақын күрделі тұйық орбитаға қою туралы шешім қабылданды. Біз обсерваторияның осы орбитадағы қозғалыс периоды, Жер орбитасының жазықтығына перпендикуляр Лагранж 2 нүктесінің маңындағы обсерваторияның аздаған тербелістерінің периодына тең деп бағалай аламыз.

7. Обсерваторияның Жер орбитасы жазықтығына перпендикуляр тербелістерінің периоды бағалаңыз. Жауапты Жердің Күнді айналу периоды T_{\oplus} арқылы өрнектеңіз.



Телескопты оңтайлы температураға дейін пассивті салқындату үшін күн қалқаны жасақталды (жоғарыдағы суретте С деп белгіленген). Ол Күн, Жер және Ай сәулелерін шағылдыруға арналған бес қабатты қабықша тізбегі болып табылады. Шағылдыру қабілеттілігін арттыру үшін қабықшаның күн жағы алюминийдің жұқа қабатымен жабылған.

Бұл есепте Күн қалқаны жұмысының шынайы механизмін қарастыру тым күрделі болып табылады, бірақ біз оның жұмыс істеу принципін жеңілдетілген модель арқылы түсіне аламыз.



Вакуумдағы шағылдыру көрсеткіші $A = 0,91$ болатын, бес шексіз пластиналардан тұратын жүйені қарастырайық. Бұл жүйеге сол жақтан, интенсивтілігі E_0 радиациялық ағын келеді.

8. 1-ші және 2-ші пластиналардың орныққан температуралары сәйкесінше T_1 және T_2 болсын. Бірінші пластинадан екіншісіне қарай энергия ағынын табыңыз.

9. Пластиналардың әрқайсысының температурасын табыңыз.

10. Бесінші пластинаның оң жағындағы E_{out} интенсивтілігін табыңыз. Жауабыңызды E_0 және A арқылы өрнектеңіз.

11. Бесінші пластинаның оң жағында орналасқан абсолютті қара сфералық дененің қандай температураға дейін қызатынын табыңыз.

Күн қалқаны Вебб ғарыштық телескопында өз жұмысын жақсы атқарады. Дегенмен, оның өлшемінің үлкендігіне (20x15 метр) және жоғары шағылдыру коэффициентіне байланысты ол жарық сәулелерінің қысымын ұстап, күн желкеніне айналады. Обсерваторияның

навигациялық жүйелеріне бұл қысым күштерін сәулелену арқылы компенсациялауға тура келеді.

12. Телескопқа сәулелену қандай күшпен әсер етеді? Күн қалқаны күн сәулелеріне перпендикуляр бағытталған деп есептеңіз.

Келесі шамалар мен тұрақтылар белгілі деп есептеңіз: Күн бетінің температурасы - 5800 К; Күн радиусы – 700000 км; Жер орбитасының радиусы – 150 млн.км; Күннің массасы – $2 \cdot 10^{30}$ кг; Жер массасы – $6 \cdot 10^{24}$ кг; Жер радиусы – 6400 км; вакуумдағы жарық жылдамдығы – $3 \cdot 10^8$ м/с; Стефан-Больцман тұрақтысы – $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² · К⁴); гравитациялы тұрақты – $6,67 \cdot 10^{-11}$ (Н · м²)/кг².

Есеп _3 Дыбыс сигналдарының детекторы [10 ұпай]

Толқын интенсивтілігі – толқынның таралу бағытына перпендикуляр орналасқан бірлік аудан арқылы бірлік уақытта өтетін энергия мөлшері.

1. Толқын интенсивтілігінің келесі көздерге дейінгі r қашықтықтан тәуелділігін табыңыз:

a) шексіз жазық сәуле шығаратын пластина.

b) шексіз ұзын сәуле шығаратын жіп.

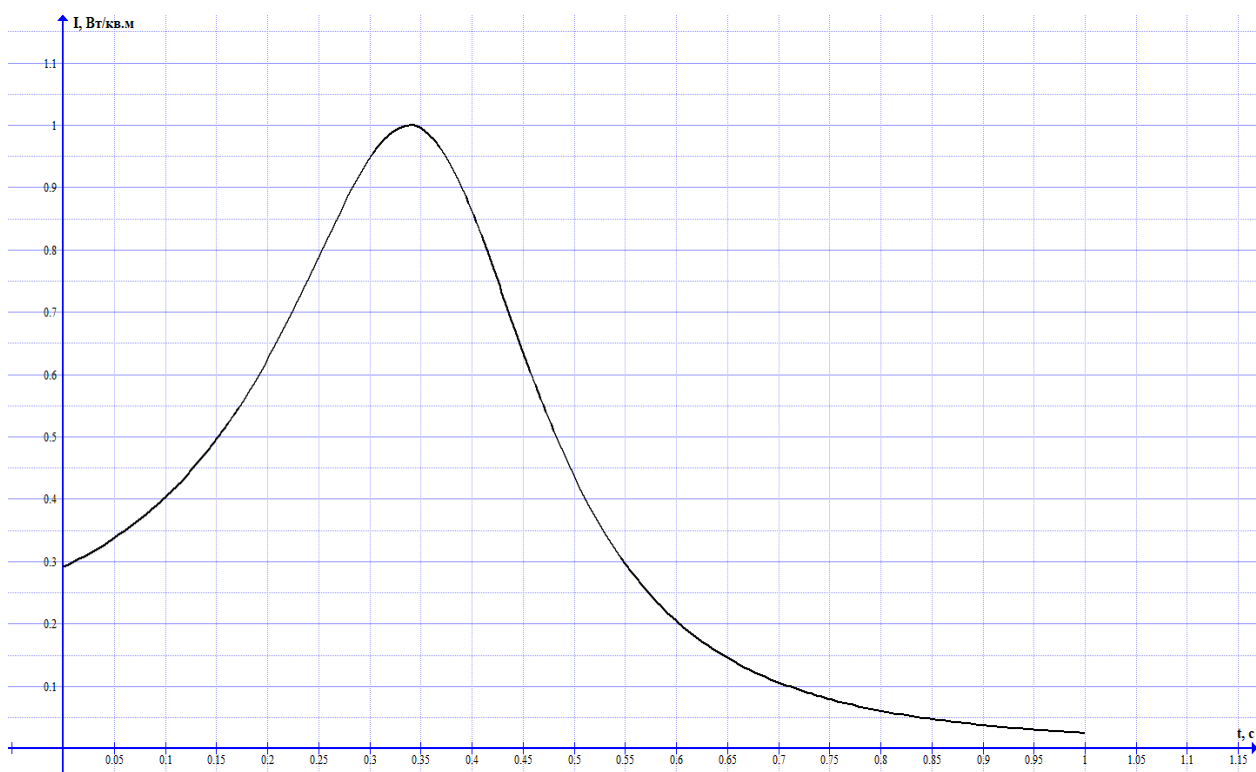
c) нүктелік көз.

Дыбыстық сигнал детекторының жанынан (координаттары $(0; 0; 0)$ нүктеде орналасқан) өлшемдері шағын, еркін құлайтын дыбыс көзі ұшып өтеді. Дыбыс көзі координаттары $(x_0; 0; z_0)$ нүктеден лақтырылады, ал ол шығаратын дыбыстық толқындардың зертханалық санақ жүйесіндегі жиілігі $f_0 = 10$ кГц.

2. Дыбыс көзінен детекторға дейінгі қашықтықтың уақытқа тәуелділігін табыңыз. Сандық есептеулерде еркін түсу үдеуінің мәнін $g = 9,8$ м/с² деп алыңыз.

Төмендегі 1-графикте детектор тіркейтін дыбыс интенсивтілігінің уақыттан тәуелділігі кескінделген.

1-график



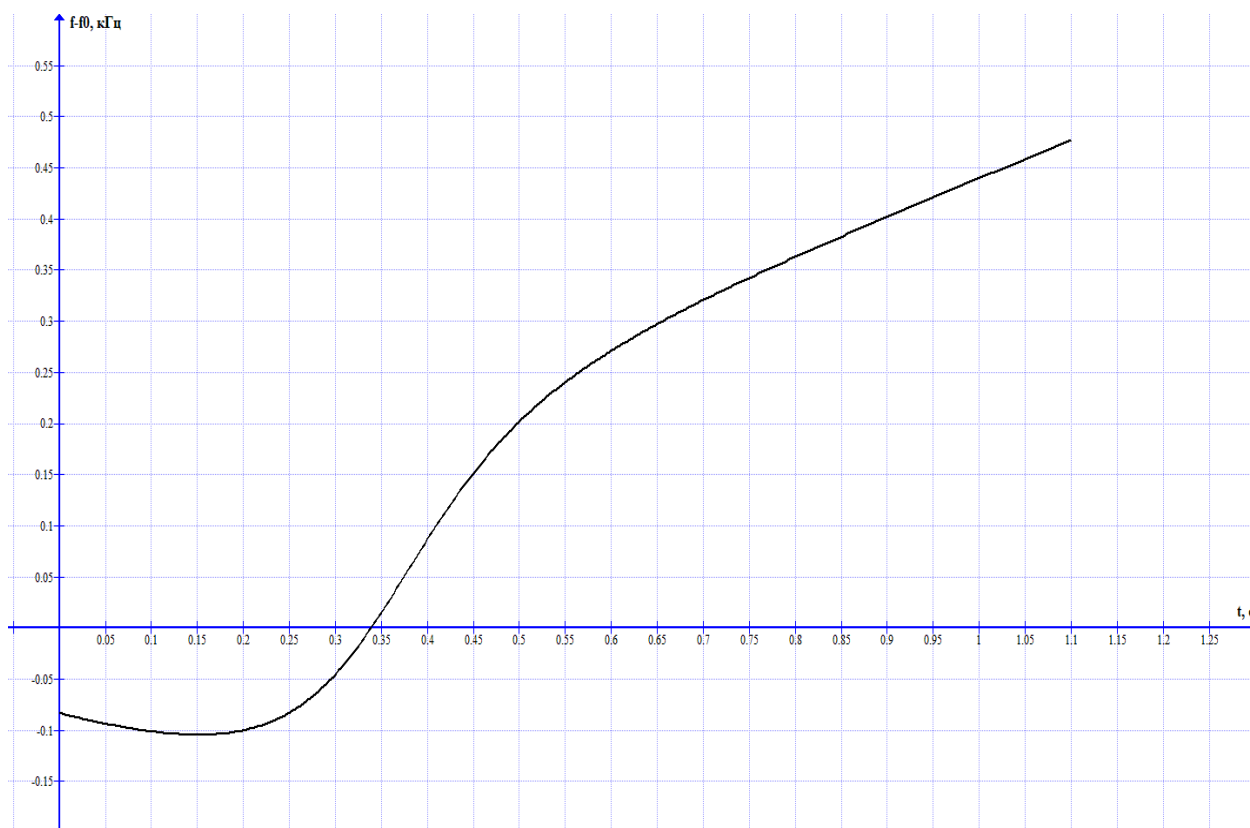
3. Дыбыс көзі қандай нүктеден лақтырылғандығын анықтауға мүмкіндік беретін график тұрғызыңыз. Оның координаталарын табыңыз.

4. Тыныштықтағы детекторға, v жылдамдықпен оған қарай бағытталған дыбыс көзінен толқын түседі. Зертханалық санақ жүйесінде дыбыс көзі f_0 жиілікте шығарады. Детектор тіркейтін сигналдың f жиілігін табыңыз. Ортадағы дыбыс жылдамдығын белгілі деп есептеңіз.

5. Егер дыбыс көзі, қозғалыс жылдамдығы, детектордан дыбыс көзіне дейінгі бағытпен φ бұрыш жасайтындай қозғалатын болса, детектор тіркейтін сигналдың f жиілігін табыңыз.

2-графикте қабылданған жиіліктің дыбыс көзінің меншікті жиілігінен ауытқуының уақыттан тәуелділігі кескінделген.

2-график



6. Дыбыс жылдамдығын табуға мүмкіндік беретін графикті тұрғызыңыз және оны табыңыз.

**РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ДАРЫН»
ЧЕТВЕРТЫЙ (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ) ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ
ОЛИМПИАДЫ ПО ПРЕДМЕТУ ФИЗИКА (2022-2023 УЧЕБНЫЙ ГОД)
11 класс, 1 тур**

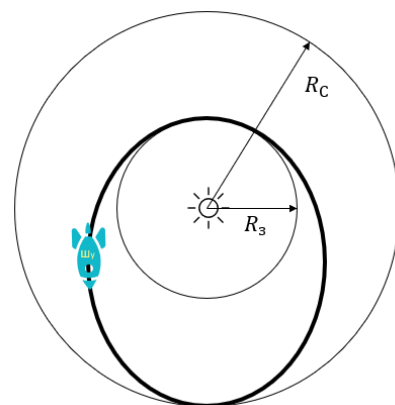
Время работы: 4 часа

Задача_1. «Солянка» [10,0 баллов]

Эта задача состоит из трех независимых частей.

Часть 1.1. Перелет ракеты «Шу» (4,0 балла)

Физик Нурдаулет работает в Казкосмос и проводит необходимые расчеты для перелета ракеты «Шу» с околоземной орбиты на круговую орбиту, близкую к орбите Сатурна. По расчетам Нурдаулета «Шу» совершит этот переход по эллиптической орбите, как показано жирной линией на рисунке справа. Это достигается с помощью начального изменения скорости вблизи орбиты Земли Δv_1 , а затем второго изменения скорости вблизи орбиты Сатурна Δv_2 . (По расчетам эти изменения скоростей вызваны мгновенными импульсами, при которых пренебрегается изменением массы ракеты). Земля и Сатурн движутся по лежащим в одной плоскости круговым орбитам с радиусами $R_3 = 150 \cdot 10^6$ км и $R_C = 1350 \cdot 10^6$ км соответственно. Помогите Нурдаулету найти:

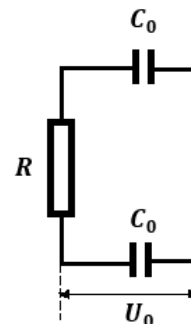


1. Скорости движения Земли v_3 и Сатурна v_C по их круговым орбитам.
2. Величину начального изменения скорости Δv_1 , необходимую для перехода с круговой орбиты Земли на эллиптическую орбиту.
3. Рассчитайте величину изменения скорости Δv_2 , необходимую для перехода с эллиптической орбиты на круговую орбиту Сатурна.
4. Рассчитайте угловое расстояние между Землей и Сатурном, измеренное от Солнца, в момент запуска при условии, что ракета, стартовавшая с Земли, прибывает на Сатурн.

Масса Солнца – $M_S = 2 \cdot 10^{30}$ кг, гравитационная постоянная – $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³ · с⁻² · кг⁻¹.

Часть 1.2 Параллельное соединение двух конденсаторов (3,0 балла)

Два конденсатора соединены параллельно через сопротивление R (см. рисунок). В начальный момент разность потенциалов на обкладках конденсаторов была равна 470 В. Пластины одного из конденсаторов равномерно раздвигают на расстояние 1,8 мм за время 3 с и с той же скоростью приводят в прежнее положение. Определите совершенную механическую работу при этом. Конденсаторы считайте плоскими, площадь пластин равна 400 см², расстояние между обкладками – 0,6 мм, сопротивление резистора – 25 кОм. Диэлектрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.



Часть 1.3 Смешивание двух газов (3,0 балла)

Сосуд разделен на две равные части перегородкой, отделяющей два разных газа друг от друга. Считая, что известно количество молей газов ν_1 и ν_2 соответственно, определите изменение энтропии системы если убрать перегородку. Температуры газов до смешивания одинаковы, сосуд теплоизолирован. Универсальная газовая постоянная равна R .

Задача_2. Космический телескоп Джеймса Вебба [10 баллов]

В конце 2021 года состоялся долгожданный запуск космического телескопа Джеймса Вебба (JWST). За то недолгое время, что он провел на орбите, он собрал огромное количество бесценных для исследователей данных, способных изменить наше представление о Вселенной.

Одна из сложнейших проблем, которую предстояло решить инженерам и ученым, состояла в охлаждении приборов космической обсерватории телескопа. Так как в космоса нет конвекции и теплопроводности, тепловое излучение является основным механизмом передачи тепла.

1. Найдите мощность излучения с поверхности Солнца, считая его абсолютно черным телом.
2. Найдите интенсивность солнечного излучения в районе орбиты Земли.
3. Найдите, до какой температуры нагреется абсолютно черное сферическое тело от солнечного излучения в районе орбиты Земли.

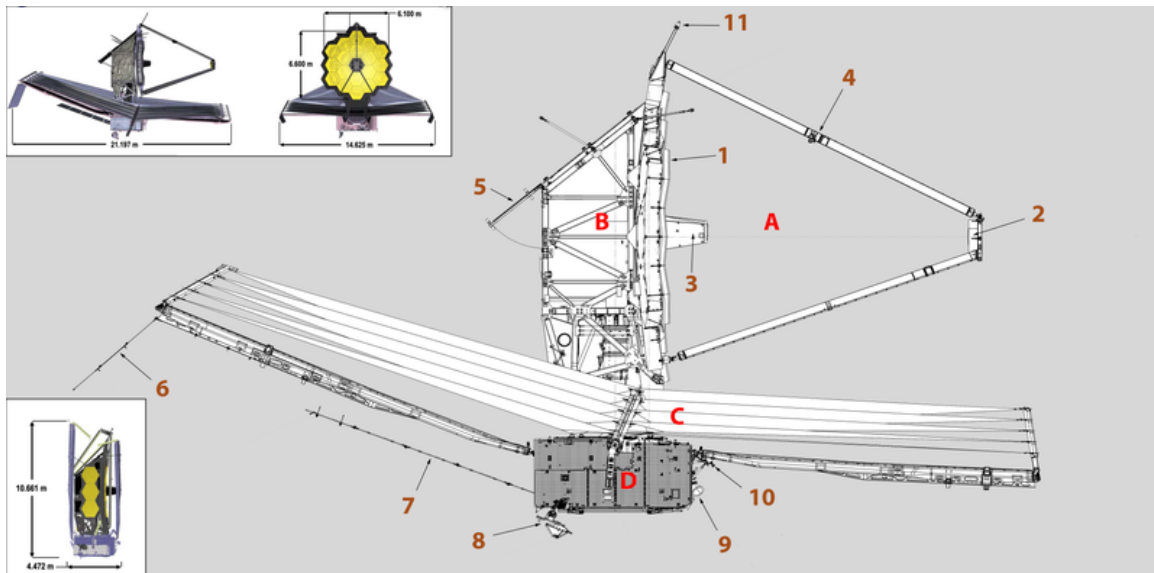
Чтобы минимизировать эффект излучения Солнца, было решено разместить JWST в так называемой точке Лагранжа 2 – точке на прямой Солнце-Земля на некотором расстоянии r_{L2} от Земли в противоположном от Солнца направлении, где космический аппарат находится в равновесии. Таким образом Солнце и Земля будут всегда находиться по одну сторону от телескопа, и солнечный щит сможет блокировать излучение от них.

4. На каком расстоянии r_{L2} от Земли находится точка Лагранжа 2?
5. Найдите интенсивность излучения E_0 в этой точке. Пренебрегайте тенью от Земли и Луны.
6. Найдите, до какой температуры нагреется абсолютно черное сферическое тело от солнечного излучения в точке Лагранжа 2.

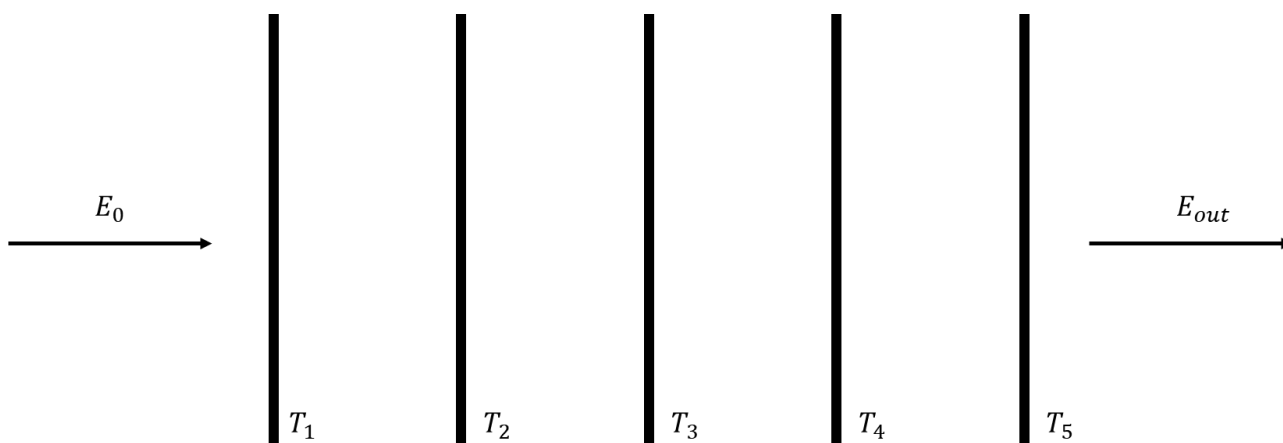
Однако, обсерватория работает от солнечных батарей, а в точке Лагранжа 2 слишком мало света из-за тени Земли. К тому же точка Лагранжа 2 является неустойчивой, поэтому было решено поместить телескоп на более сложную замкнутую орбиту вблизи точки Лагранжа 2. Мы можем оценить период движения обсерватории по этой орбите, считая его равным периоду малых колебаний обсерватории около точки Лагранжа 2 перпендикулярно плоскости орбиты Земли.

7. Оцените период колебаний обсерватории, перпендикулярных плоскости орбиты Земли. Выразите ответ через T_{\oplus} – период обращения Земли вокруг Солнца.

Для пассивного охлаждения телескопа до оптимальных температур был разработан солнечный щит (обозначен как С на рисунке ниже). Он представляет собой последовательность из пяти слоёв плёнки, спроектированной для отражения излучения Солнца, Земли и Луны. Плёнка покрыта тонким слоем алюминия с солнечной стороны для увеличения отражательной способности.



Истинный механизм работы солнечного щита слишком сложен для рассмотрения в этой задаче, но мы можем понять принцип его работы с помощью упрощённой модели.



Рассмотрим систему, состоящую из пяти бесконечных пластин с показателем отражения $A = 0,91$ в вакууме. На систему слева идет радиационный поток с интенсивностью E_0 .

8. Пусть установившиеся температуры пластин 1 и 2 равны T_1 и T_2 соответственно. Найдите поток энергии от первой пластины ко второй.
9. Найдите температуру каждой из пластин.
10. Найдите интенсивность излучения E_{out} справа от пятой пластины. Выразите свой ответ через E_0 и A .
11. Найдите, до какой температуры нагреется абсолютно черное сферическое тело, размещенное справа от пятой пластины.

Солнечный щит отлично выполняет свою работу на космическом телескопе Вебба. Однако из-за своего большого размера (20x15 метров) и высокого коэффициента отражения, он становится солнечным парусом, улавливая давление световых лучей. Системам навигации обсерватории приходится компенсировать эти силы давлением излучением.

12. С какой силой действует излучение на телескоп? Считайте, что солнечный щит направлен перпендикулярно солнечным лучам.

Считайте известными следующие величины и постоянные: температура поверхности Солнца – 5800 К; радиус Солнца – 700000 км; радиус орбиты Земли – 150 млн.км; масса Солнца – $2 \cdot 10^{30}$ кг; масса Земли – $6 \cdot 10^{24}$ кг; радиус Земли – 6400 км; скорость света в вакууме – $3 \cdot 10^8$ м/с; постоянная Стефана-Больцмана – $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² · К⁴); гравитационная постоянная – $6,67 \cdot 10^{-11}$ (Н · м²)/кг².

Задача_3 Детектор звуковых сигналов [10 баллов]

Интенсивность волны – количество энергии, проходящей в единицу времени через единичную площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны.

1. Найдите зависимость интенсивности волны от расстояния r до следующих источников:

а) бесконечная плоская излучающая пластина.

б) бесконечно длинная излучающая нить.

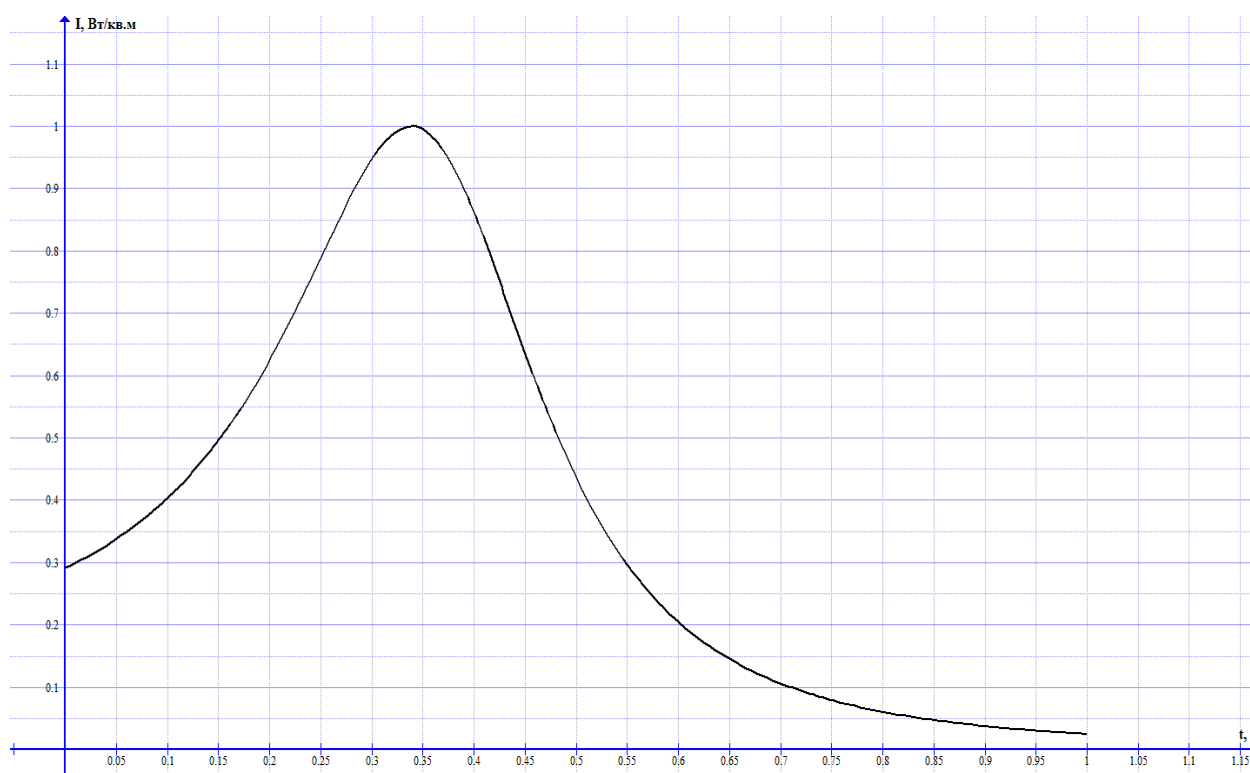
с) точечный источник.

Мимо детектора звуковых сигналов (расположен в точке с координатами $(0; 0; 0)$) пролетает свободно падающий источник звука небольших размеров. Источник сброшен из точки с координатами $(x_0; 0; z_0)$, а частота излучаемых им звуковых волн в лабораторной системе отсчета равна $f_0 = 10$ кГц.

2. Найдите зависимость от времени расстояния от источника до детектора. При численных расчётах ускорение свободного падения примите равным $g = 9,8$ м/с².

На графике 1 отображена зависимость интенсивности звука, зафиксированной детектором, от времени.

График 1



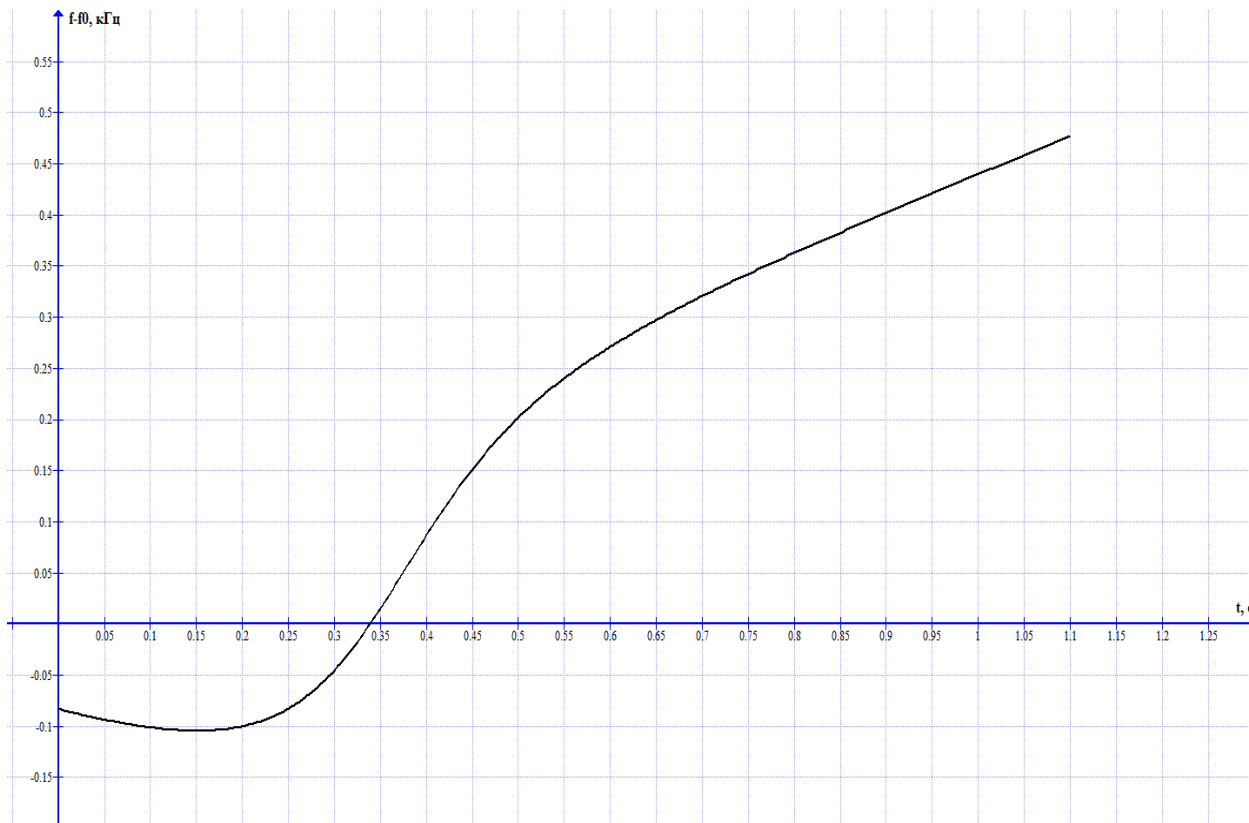
3. Постройте график, который позволит найти точку, из которой сброшен источник. Найдите её координаты.

4. На неподвижный детектор падает волна от источника, движущегося в направлении на детектор со скоростью v . В лабораторной системе отсчета источник излучает на частоте f_0 . Найдите частоту f сигнала, которую регистрирует детектор. Скорость звука в среде считайте известным.

5. Найдите частоту f , регистрируемую детектором, если источник движется так, что вектор его скорости составляет угол φ с направлением от детектора на источник.

На графике 2 изображена зависимость от времени отклонения принимаемой частоты от собственной частоты источника.

График 2.



6. Постройте график позволяющий найти скорость звука и найдите её.