

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

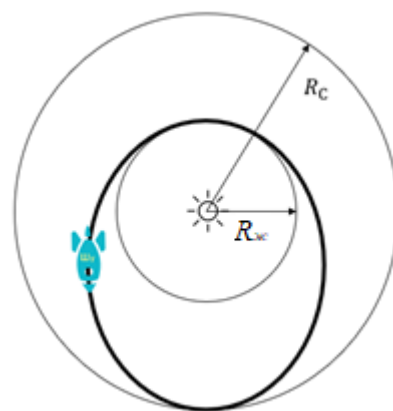
Жұмыс уақыты: 4 сағат

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 кара 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 $R_{Ж} = 150 \cdot 10^6$ км және $R_C = 1350 \cdot 10^6$ км болатын дөңгелек орбиталар бойымен қозғалады. Нұрдаулетке келесі шамаларды анықтауға көмектесіңіз:

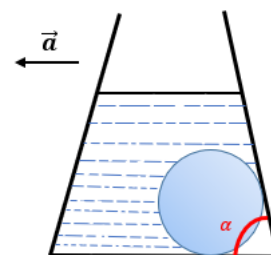


1. Жер мен Сатурнның өз дөңгелек орбиталары бойымен сәйкесінше $v_{Ж}$ және v_C қозғалу жылдамдықтарын.
2. Жердің дөңгелек орбитасынан эллипстік орбитаға өтуге қажетті жылдамдықтың бастапқы Δv_1 өзгеріс шамасын.
3. Эллипстік орбитадан Сатурнның дөңгелек орбитасына өтуге қажетті жылдамдықтың Δv_2 , өзгеріс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

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

1.2-бөлім. Шардың әсерлесуі (3,0 ұпай)

Қабырғалары жазық вертикаль емес ыдыс тығыздығы ρ сумен толтырылған, және де оның ішінде тығыздығы $\rho_0 > \rho$ болатын материалдан жасалған радиусы R_0 біртекті шар орналасқан (оң жақтағы суретті қараңыз). Ыдыстың жазық түбі горизонталь, ал еркін түсу үдеуі вертикаль және g -ға тең екені белгілі. Ыдыс, толығымен ішіндегі заттармен бірге, сол жаққа қарай горизонталь бағытталған бірқалыпты a үдеумен орнын ауыстыратындай етіп, қозғалысқа келтіріледі. Ыдысқа қатысты барлық қозғалыстар тоқтады деп есептеп, егер қабырға мен ыдыс түбінің арасындағы бұрыш α болатын болса, шар мен ыдыс түбінің әсерлесу күшін анықтаңыз. Үйкеліс жоқ, ал шар барлық уақытта судың астында болады.



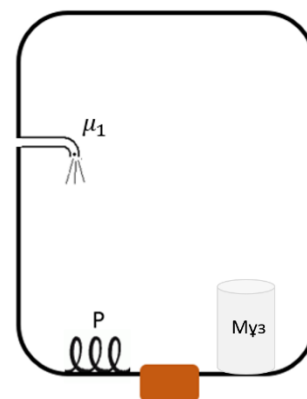
1.3- бөлім. Дове призмасы (3,0 ұпай)

Кескінді кері айналдыру үшін Дове призмасын қолданады. Бұл призма қиылған және теңбүйірлі болып табылады. Призманың биіктігі $h = 2,1$ см, шынының сыну көрсеткіші $n = 1,41$ болатын болса, призма табанының l ұзындығын анықтаңыз. Призма, қимасы максималь жарық шоғырын кері айналдыруы қажет.



Есеп _2 Оқшауланған ыдыс [10 ұпай].

Нұрасылда, түбінде тесігі тығынмен жабылған, жылулық оқшауланған ұзын ыдыс бар. Сонымен қатар, ыдыста кран мен қуаты $P = 420$ Вт болатын электрлік қыздырғыш (көлемін ескермеуге болады) бар. Краннан су құйыла бастаған мезетте электрлік қыздырғыш іске қосылады. Бастапқы уақытта ыдыстың түбінде, бастапқы көлденең қимасы 5 см^2 және биіктігі 20 см болатын цилиндрлік пішіндегі 90 г мұз бар болған (бұдан былай мұз кесегі еріген кезде, оның биіктігі тұрақты болады және де ол барлық бүйір беті бойымен бірқалыпты ериді деп есептеңіз). Мұздың бастапқы температурасы 0°C . Егер тығынға әсер ететін қысым 10^4 Па-дан артатын болса, ол ұшып кетеді. Ыдыс ауданы $S = 25 \text{ см}^2$.



0. Тығын ұшып шыққан кезде ыдыстағы су биіктігі қандай болатынын анықтаңыз.

Краннан бастапқы температурасы $t_0 = 5^\circ\text{C}$ және шығыны $\mu = 4$ г/с су аға бастайды. Жүйеде лезде жылулық баланс орнығады деп есептеп, келесі шамаларды анықтаңыз:

1. Мұз қалқып шығатын уақыт мезетін.
2. Мұз толығымен еріп кететін уақыт мезетін.
3. Мұз толығымен еріп біткен соң, ыдыстағы су температурасының уақыттан тәуелділігін.
4. Тығын ыдыстан ыршып шыққан уақыт мезетін.
5. Кран қосылған мезеттен бастап тығын ыршып шыққан мезетке дейін ыдыстағы температураның уақыттан тәуелділік графигін салыңыз.

Тығын ыдыстан ыршып шыққан мезетте, краннан судың ағуын тоқтатады және де тесіктен су төгіле бастайды.

6. Тығын ыршып шығысымен ақ, осы уақыт мезетіне сәйкес келетін ыдыстағы су температурасының өзгеріс жылдамдығын анықтаңыз.

7 минуттан кейін ыдыстағы температура қайнау температурасына жететіндігін, ал ыдыстағы сұйықтықтың температурасының өзгеру жылдамдығы $0,1^\circ\text{C}/\text{с}$ болатындығын біле отырып, осы уақыт мезетінде келесі шамаларды анықтаңыз:

7. Ыдыстағы су массасын.
8. Тесік арқылы ағатын су шығынын.

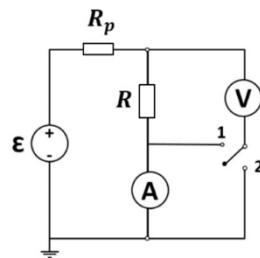
Судың меншікті жылу сыйымдылығы $c = 4200$ Дж/(кг · °C), мұздың меншікті балқу жылуы $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, мұз тығыздығы 900 кг/м³, су тығыздығы 1000 кг/м³. Ыдыс пен қыздырғыштың жылу сыйымдылықтарын ескермеуге болады.

Есеп _3 Электрлік тізбектер[10 ұпай].

1-бөлім

Физикалық зертханаларда электрлік кедергілерді өлшеу үшін амперметр-вольтметр әдісі кеңінен қолданылады. Бұл әдісте R кедергі барлық уақытта V вольтметр мен I амперметр көрсеткіштерінен, $R = V/I$ Ом заңын қолдану арқылы табылады. Бұл әдісті қолдану кезінде сызбаларға қолданылатын амперметр мен вольтметр идеал деп ұғарылады. Бұл есепте біз осы ұйғарымның қандай кемшілікке әкелетіндігін анықтаймыз және дәлдігі анағұрлым жоғары жаңа сызбаны жасақтаймыз.

Стандартты амперметр-вольтметр сызбасы (ϵ) тұрақты кернеу көзінен, (R_p) қорғану кедергісінен, (A) амперметр мен (V) вольтметрден тұрады. Амперметр мен вольтметрдің белгісіз ішкі кедергілері сәйкесінше R_A және R_V тең, және де $R_V \gg R_A$. Біз белгісіз R резистордың нақты мәнін анықтауға тырысамыз.



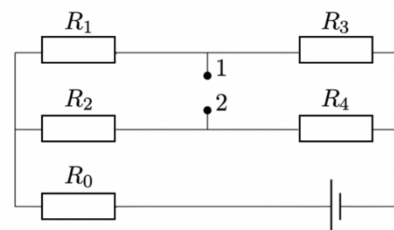
Сызбалардың, (1) және (2) деп оң жақтағы сызбада ажыратып-қосқыштың мүмкін болатын екі күйімен белгіленген, таралған екі конфигурациясын қарастырамыз. (1) және (2) сызбаларда өлшенген R кедергінің мәндері сәйкесінше R_{m1} және R_{m2} болсын. Δ салыстырмалы қателік өлшеудің абсолютті қателігінің нақты мәнге қатынасымен анықталады.

1.1 Ажыратып-қосқыштың әр түрлі күйлеріне сәйкес келетін сызбалар үшін сәйкесінше өлшеулердің Δ_1 және Δ_2 салыстырмалы қателіктеріне қол жеткізіңіз.

1.2 Дәл осындай сызба элементтерінің көмегімен, амперметр мен вольтметрдің ішкі кедергілеріне тәуелсіз болатын, R кедергінің нақты мәнін өлшеуге арналған сызбаны(ларды) қолданып қадамды рәсімді ұсыныңыз. Жоғарыдағы а) пунктте алынған нәтижелерді қолдануыңыз қажет.

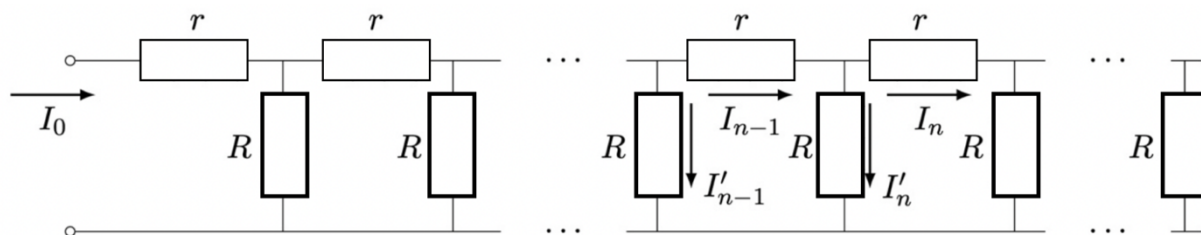
2-бөлім

Электрлік тізбек ЭҚК көзінен және кедергілері белгісіз бес резистордан тұрады. Идеал амперметр 1 және 2 нүктелер арасына қосылған кезде, оның көрсеткіші I_A мәніне тең болған. Оның орнына сол екі нүктелер арасына R резисторды қосса, онда осы резистор арқылы өткен ток I_R болған. Егер оның орнына 1 және 2 нүктелер арасына идеал вольтметр қосса, онда оның көрсеткіші V болған. V мәнін I_A , R және I_R арқылы табыңыз.



3-бөлім

Өзара жалғанған резисторлардың шексіз тізбегін қарастырайық. Кіріс ток I_0 суретте көрсетілген.



3.1 Сатының эквивалентті кедергісін табыңыз.

3.2 Горизонталь r резисторлар арқылы өтетін токтар қандай рекуренттік қатынасқа бағынатындығын табыңыз. Сіз тапқан қатынаста, I_n ток $I_i, i < n, n > 0$ токтармен (мүмкін бірнешеуімен) байланысқан болады.

3.3 Рекуренттік қатынасты $R = r$ ерекше жағдайы үшін шешіңіз, яғни I_n мен I_n' мәндерін n -нен тәуелді функция түрінде анықтаңыз. Мүмкін сізге, n -нің үлкен мәндеріндегі I_n әрекеті жөнінде орынды болжамдар жасау қажет болуы мүмкін.

3.4 Тізбек, $I_{n+1} = 0$ болатындай N -ші түйіннен кейін үзілсін, $n \leq N$ болған кезде I_n/I_N түрін табыңыз.

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

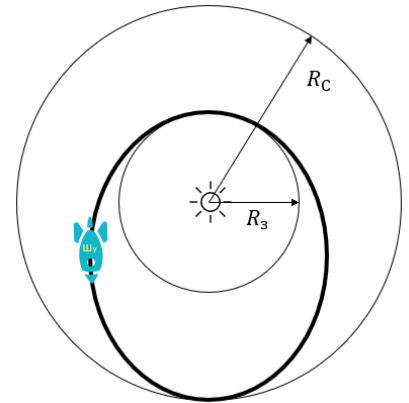
Время работы: 4 часа

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 изменение 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:

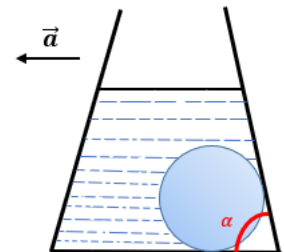


1. Скорости движения Земли v_3 и Сатурна v_C по их круговым орбитам.
2. Величину начального изменения скорости Δv_1 , необходимую для перехода с круговой орбиты Земли на эллиптическую орбиту.
3. Величину изменения скорости Δv_2 , необходимую для перехода с эллиптической орбиты на круговую орбиту Сатурна.
4. 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.

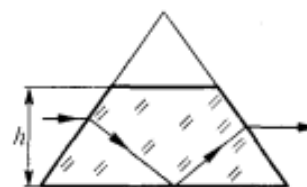
Часть 1.2 Взаимодействие шара (3,0 балла)

Сосуд имеет не вертикальные плоские стенки и наполнен водой с плотностью ρ , при этом внутри находится однородный шар радиусом R_0 , изготовленный из материала плотностью $\rho_0 > \rho$ (см. рисунок справа). Известно, что плоское дно сосуда горизонтально, а ускорение свободного падения вертикально и равно g . Сосуд приводится в движение таким образом, что он весь целиком вместе с содержимым перемещается с поступательным ускорением a , направленным горизонтально влево. Считая, что все движения относительно сосуда прекратились, определите силу взаимодействия шара с дном сосуда, если угол между стенкой и дном составляет α . Трение отсутствует, шар все время остается под водой.



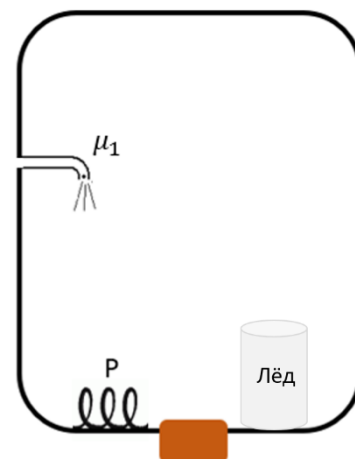
Часть 1.3 Призма Дове (3,0 балла)

Для того, чтобы обратить изображение используют призму Дове, которая является усечённой и равнобедренной. Определите длину l основания призмы, если её высота $h = 2,1$ см, а показатель преломления стекла равен $n = 1,41$. Призма должна обращать пучок света максимального сечения.



Задача 2. Теплоизолированный сосуд [10 баллов]

У Нурасыла имеется очень длинный теплоизолированный сосуд, на дне которого закрытая пробкой дырка. Также в сосуде имеется кран и электронагреватель (объемом которого можно пренебречь) с мощностью $P = 420$ Вт, который включается в тот момент, когда из крана начинает литься вода. В начальный момент на дне сосуде имеется 90 г льда цилиндрической формы с начальным поперечным сечением 5 см^2 и высотой 20 см (в дальнейшем при таянии куска льда предполагайте, что его высота постоянна и он равномерно тает вдоль всей боковой поверхности). Начальная температура льда 0°C . Пробка вылетает, если давление на нее превышает 10^4 Па. Площадь сосуда $S = 25 \text{ см}^2$.



0. Определите высоту воды в сосуде, при которой пробка вылетает.

Из крана начинает литься вода с расходом $\mu = 4$ г/с и начальной температурой $t_0 = 5^\circ\text{C}$. Предполагая, что в системе моментально наступает тепловой баланс определите:

1. Момент времени, когда лёд всплывает.
2. Момент времени, когда лед полностью растает.
3. Зависимость температуры воды в сосуде от времени после того, как лед полностью растает.
4. Момент времени, когда пробка вылетит из сосуда.
5. Нарисуйте график зависимости температуры в сосуде от времени с момента включения крана до момента вылета пробки.

В момент, когда пробка вылетела из сосуда, подачу воды из крана приостановили и из дырки начала выливаться вода.

6. Определите скорость изменения температуры воды в сосуде в тот самый момент времени, когда пробка только вылетела.

Зная, что через 7 минут температура в сосуде достигла температуры кипения, а скорость изменения температуры жидкости в сосуде составила $0,1^\circ\text{C}/\text{с}$, определите в этот момент времени:

7. Массу воды в сосуде.
8. Расход воды, вытекающей через дырку.

Удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг · °C), удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, плотность льда $900 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность воды $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$. Теплоемкостями сосуда и нагревателя пренебречь.

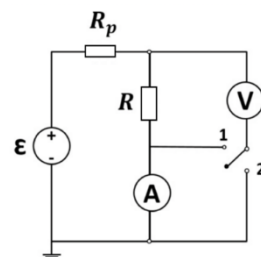
Задача_3. Электрические цепи [10 баллов].

Часть 1

Метод амперметра-вольтметра широко используется для измерения электрических сопротивлений в физической лаборатории. В этом методе сопротивление R всегда находится из показаний вольтметра V и амперметра I , используя закон Ома: $R = V/I$. При использовании этого метода предполагается, что используемые в схеме амперметр и вольтметр идеальны. В данной задаче мы выявим недостатки, к которым приводит это предположение и разработаем новую схему с более высокой точностью.

Стандартная схема амперметра-вольтметра состоит из источника постоянного напряжения (ϵ), защитного сопротивления (R_p), амперметра (A) и вольтметра (V). Неизвестные внутренние сопротивления амперметра и вольтметра равны R_A и R_V соответственно, причем $R_V \gg R_A$. Мы стремимся определить истинное значение R неизвестного резистора.

Рассмотрим две распространенные конфигурации схем (1) и (2), обозначенные двумя возможными положениями переключателя на схеме, показанной справа. Пусть измеренные значения сопротивления R будут R_{m1} и R_{m2} в схемах (1) и (2) соответственно. Относительная ошибка Δ определяется как отношение абсолютной ошибки измерения к истинному значению: $\Delta = (R_m - R)/R$.

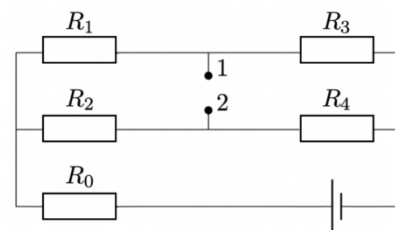


1.1 Получите относительные ошибки измерений Δ_1 и Δ_2 для каждой из вышеуказанных схем с разными положениями переключателя.

1.2 С помощью точно таких же элементов схемы, предложите пошаговую процедуру с необходимой схемой(ами) для измерения истинного значения сопротивления R , независимую от значений внутренних сопротивлений амперметра и вольтметра. Вы должны использовать результаты, полученные в части а).

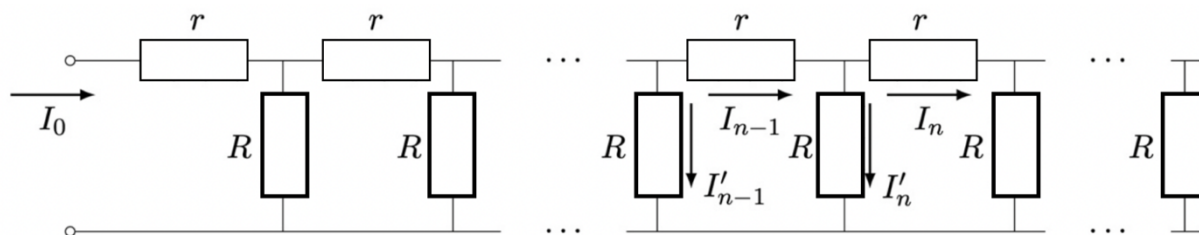
Часть 2

Электрическая цепь состоит из источника ЭДС и пяти резисторов с неизвестными сопротивлениями. Когда идеальный амперметр подключается между точками 1 и 2, его показание равно I_A . Если вместо этого к тем же двум точкам подключить резистор R , то ток через этот резистор будет I_R . Если вместо этого между точками 1 и 2 подключен идеальный вольтметр, то его показание равно V . Найдите V только через I_A , R и I_R .



Часть 3

Рассмотрим бесконечную цепочку из соединенных резисторов. Входной ток I_0 показан на рисунке.



3.1 Найдите эквивалентное сопротивление лестницы.

3.2 Найдите рекуррентное соотношение, которому подчиняются токи через горизонтальные резисторы r . Вы получите отношение, в котором ток I_n будет связан с (возможно несколькими) токами $I_i, i < n, n > 0$.

3.3 Решите рекуррентное соотношение для особого случая $R = r$, то есть получите I_n и I'_n в явном виде как функции от n . Вам может потребоваться сделать разумное предположение о поведении I_n при больших значениях n .

3.4 Пусть цепочка оборвана после узла N , так что $I_{n+1} = 0$. Найдите вид I_n/I_N при $n \leq N$.