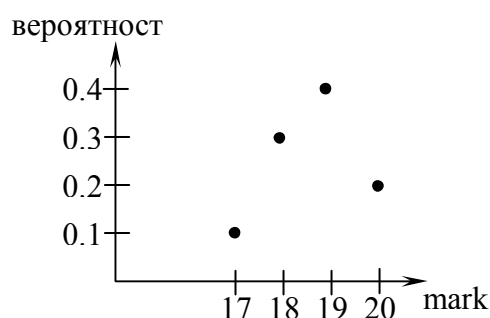


ЗАДАЧА No. 1

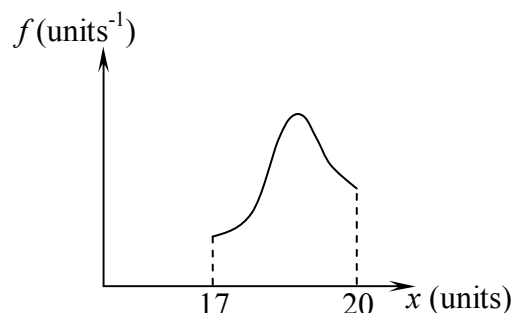
Целта на тази експериментална задача е да се направят числени оценки на разпределението на Максвел-Болцман. По-специално, искаме да определим относителната част на хелиевите атоми ($\mu = 4 \text{ g/mol}$) при стайна температура ($T = 300 \text{ K}$), които имат скорости в интервала $\pm 11\%$ на тяхната най-вероятна скорост.

За целта, ще трябва да използвате монета.

Функцията на разпределение е плътността на вероятността в пространството на възможните събития. Ако резултатите от очакваните събития в пространството са дискретни величини, тогава няма нужда да използвате функция на разпределение, а просто вероятностите, свързани с тези събития. Например, ще бъдем много щастливи, ако крайните ви точки на експерименталния кръг изглеждат като на приложената диаграма.

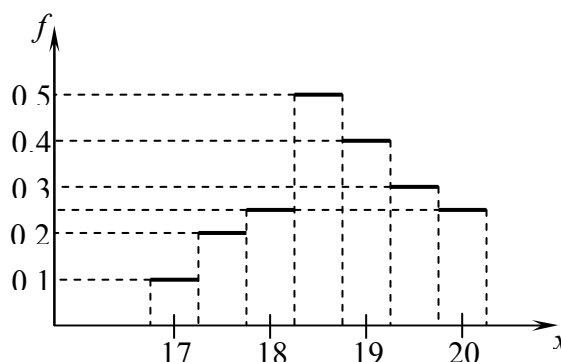


В противен случай, т.е., ако резултатите от възможните събития формират непрекъснато множество, тогава трябва да въведете плътност на вероятността за получаване на стойност в област на някаква разглеждана точка. Например, предполагайки, че вашите точки от експерименталния кръг са непрекъсното разпределени в интервала $[0, 20]$, тогава би било най-добре, ако разпределението изглежда като приложената (тук) в дясно диаграма.



Обърнете внимание, че вероятностите и функцията на разпределение не зависят от броя на участниците; те се получават при предположение, че има безброй много участници.

В това, което следва, ще се опитаме да обединим вероятност и функция на разпределение, като използваме приближението на стъпаловидна функция. Например, ако изберем за големина на стъпката 0.5, функцията на разпределение за горния пример ще изглежда като тази диаграма.



Обърнете внимание на две неща. Първо, работейки в това приближение, може да получавате ненулеви вероятности дори около невъзможни стойности, например 20.12. Второ, като съберете площта на

правоъгълника около дадена стойност с полуплощта на двата му съседни правоъгълника, ще получите резултат, точно като от първата графика.

A. Първо ще разгледаме разпределението на компонентата на скоростите на хелиевите атоми по оста x , v_x (разбира се, по същият начин може да подходим и за v_y и v_z). Поради различни физични причини, ще използваме добре известното Гаусово разпределение, или камбановидна крива. То е пропорционално на $\exp(-\mu v_x^2/2RT)$.

a. Определете размерността на в коефициента на пропорционалност SI система.

b. Уместно е да предположим, че когато стойността на функцията на разпределение е по-малка от 1% от своя максимум, тогава практически сме достигнали максималната възможна стойност на v_x . Оценете големината на $v_{x \max}$. (За опростяване на резултата приемете, че $\ln 10 = 2.5$ $8.31 \times 3 = 25$.)

Сега искаме да въведем много прост физичен модел, който пресъздава Гаусово разпределение. Разгледайте множество удари между хелиевите атоми, крайният резултат от които е малки вариации на съответната компонента x на импулса на атомите. Очевидно, по-вероятно е две последователни такива изменения да бъдат в противоположни посоки, така че скоростта не се изменя много. Въпреки това, не е абсолютно невъзможно определен брой от такива последователни изменения да бъдат в едно и също направление, така че този механизъм логично води до съществуването на нормално(Гаусово) разпределение.

Този механизъм може да се симулира с последователност от хвърляния на монета. За това, разгледайте целите числа между -5 и 5 по оста x . Както ще забележите, започване от 0 и достигане на 5 е много добра апроксимация за започване от 0 и достигане на $v_{x \max}$.

За да се получи всеки от възможните 11 изхода, вие трябва да направите 10 хвърляния, разделени в 5 поредни двойки. Ако една двойка се състои от два пъти ези, тогава трябва “да напреднете” по оста с +1. Ако една двойка се състои от два пъти тура, трябва “да отстъпите” по оста с -1. Също така, ако една двойка се състои от едно ези и едно тура, не напредвайте по оста. За да се получи добра точност, трябва да извършите не по-малко от 100 серии хвърляния.

c. Начертайте графика с вероятностите, които сте получили за 11 събития.

d. Както може да видите, ако резултатите ви са правилни, вероятността за получаване на стойност между 0 и 5 е много подобна на вероятността за получаване на стойност от 0 до $v_{x \max}$. Начертайте графика за съответната стъпаловидна функция на разпределение с 11 стъпки.

e. Каква относителна част от хелиевите атоми имат големина на компонентата на скоростта в дадено направление не по-голяма от 5% от максималната стойност за тази компонента?

f. Каква част от хелиевите атоми имат големини на всички три компоненти на скоростта не по-големи от 5% от максималната стойност?

B. Сега ще преминем към функция на разпределението на Максвел-Болцман, която описва плътността на вероятността за скоростите на атомите. Тя е пропорционална на $v^2 \times \exp(-\mu v^2/2RT)$.

g. Коя е най-вероятната стойност на скоростта на хелиевите атоми? (Моля, вземете стойността на квадратния корен от 5 да е 2.25.) Какъв е интервалът от скорости на атомите, чиито скорости варират най-много $\pm 11\%$ от тяхната най-вероятна скорост?

Както вече виждате, широчината на намерения интервал е на практика равна на една втора от стъпалото на стъпаловидната функция, която апроксимира Гаусовото разпределение в част А. С други думи, ако си представим пространството на скоростите и в него координатни оси, съответстващи на v_x , v_y и v_z , то ще искаме да намерим частта от хелиеви атоми, чиито скорости се намират в сферична обвивка със среден радиус, равен на тяхната най-вероятна скорост, и с дебелина, равна на половин стъпка от стъпаловидната функция, апроксимираща камбановидната крива. Следователно, за всяка от трите компоненти на атомните скорости, ще използваме стъпаловидната функция, определена в част А, като започнем от половин стъпка около 0 и „скачайки“ наляво и надясно с по половин стъпка. Ще се ограничим само до тази осмина (октант) на сферичната обвивка, която съответства на положителни стойности на компонентите на скоростта. Искане да намерим онези комбинации от стойности на v_x , v_y и v_z , за които величината $\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ лежи във вътрешността на обвивката. Ще наричаме такава комбинация *триплет*.

h. Каква е вероятността P за триплета (0,0,0) да намерим исканите триплети, трябва да начертаяме двумерна таблица. В първия $\square$ ред нанесете стойностите на v_x , започвайки от 0 и изменяйки ги с половината от стъпката на стъпаловидната функция в част А. Първия стълб на таблицата се попълва по аналогичен начин, но със стойности за v_y . В останалите запишете тази стойност на v_z , така че, заедно с v_x и v_y , да удовлетворява условието по-горе.

i. Направете списък с *всички различни триплети*, които сте намерили. Под „различни“ имаме предвид тези, които дават различни стойности на атомните скорости, тъй като вероятността за даден триплет *не зависи от подредбата или знака* на компонентите му v_x , v_y и v_z , т.е. няма нужда да вземате под внимание нито пермутациите, нито знака на тези компоненти. Сега, всичко, което остава, е да намерите колко пъти се среща даден триплет, не само в разгледания вече октант, но в цялото пространство на скоростите. Когато броите това, моля, обърнете внимание, че някои триплети лежат върху някоя от осите v_x , v_y или v_z , докато други лежат точно в равнината, определена от някои две от осите. Затова в списъка, който правите, трябва да добавите още две колонии, в които да напишете общия брой появи на всеки триплет, както и неговата вероятност. (Когато изчислявате вероятността на всеки триплет, се ограничете до пет знака след десетичната запетая.)

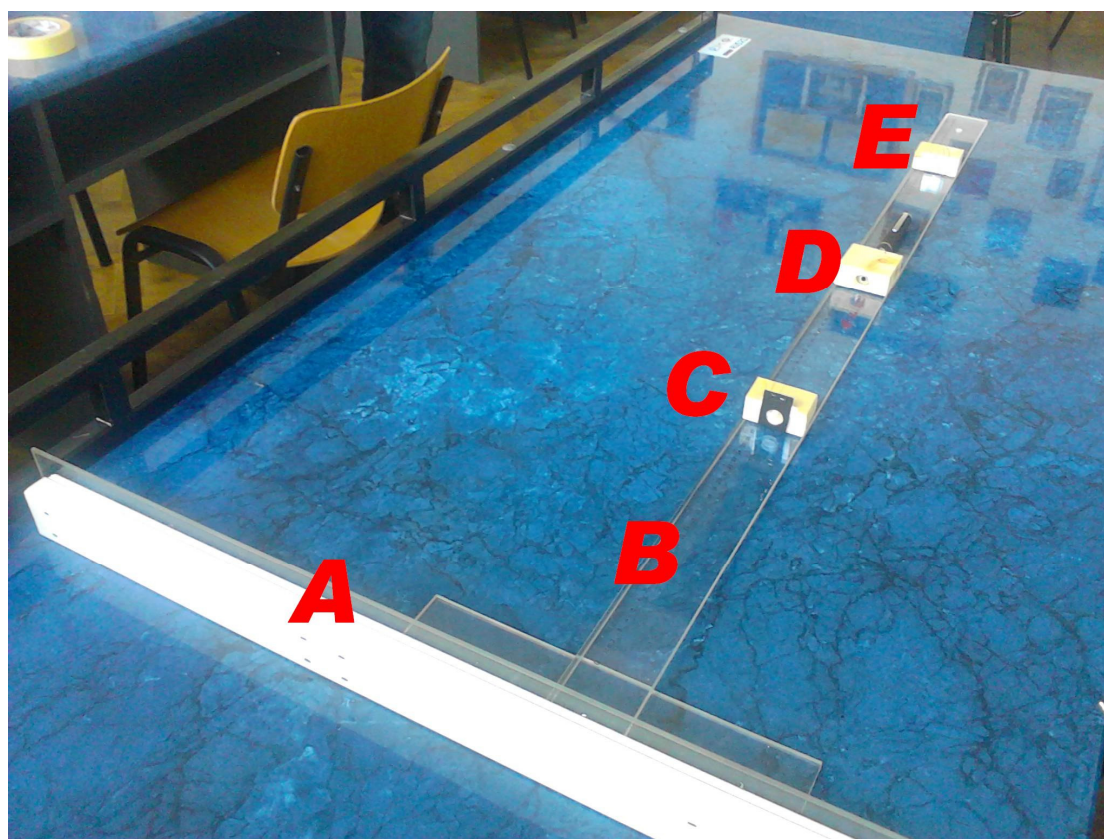
j. Каква част η от хелиевите атоми ($\mu = 4 \text{ g/mol}$), при стайна температура ($T=300 \text{ K}$), имат скорости в интервала $\pm 1\%$ от тяхната най-вероятна скорост?

ЗАДАЧА No. 2

Целите на експерименталната задача са:

- определяне на константата на дифракционна решетка
- определяне на дължината на вълната на лазерна показалка със зелена светлина
- определяне на специфични характеристики на някои „странни огледала”, направени от тънък пластмасов лист с отражателен слой, които пораждат множество отразени лъчи от падащия лъч

Експериментална установка



На масата ще намерите:

- разграфен екран (A) за наблюдаване на светлинни точки
- Т-образна линия (B), върху която се подреждат оптичните елементи
- две лазерни показалки с червена и зелена светлина (дължината на вълната на червената светлина е 650 nm)
- дървено кубче (C) за закрепване на дифракционната решетка
- дървено кубче (D), в което да се постави лазерна показалка
- дървено кубче (E) за закрепване на две „странни огледала”, означени с 1 и 2

ВНИМАНИЕ

Не насочвайте лазерния лъч директно към очите си или към някого! Не докосвайте излъчващия край на показалката, дифракционната решетка или „странните огледала”, защото ще ги повредите!

Ще трябва да наблюдавате положенията на различни петна върху разграфения екран и да отчитате положенията им с точност 1 mm. Когато поставите лазерната показалка в кубчето D, бутонът за включване/изключване автоматично ще се натисне и показалката ще свети.

Задача 1

Поставете дифракционната решетка на $d_1 = 30$ cm и използвайте червена светлина.

1.a. Наблюдавайте най-малко пет петна на екрана и запишете техните положения.

1.b. Определете константата на дифракционната решетка и уточнете големината на грешката при измерването.

1.c. Променете разстоянието на $d_2 = 90$ cm и наблюдавайте най-малко три петна на екрана и запишете техните позиции.

1.d. Определете константата на дифракционната решетка, използвайки горните измервания и уточнете големината на грешката при измерването.

Задача 2

Поставете дифракционната решетка на разстояние $d_1 = 30$ cm и използвайте зелената светлина.

2.a. Наблюдавайте най-малко пет петна на екрана и запишете техните положения.

2.b. Определете дължината на вълната на зелената светлина и уточнете грешката при измерването.

2.c. Променете разстоянието на $d_2 = 90$ cm и наблюдавайте най-малко три петна на екрана и запишете техните позиции.

2.d. Определете дължината на вълната на зелената светлина, използвайки тези стойности и уточнете големината на грешката при измерването

Задача 3

Поставете показалката със зелена светлина, така че светлината да достига екрана след отражение от „странното огледало”, означено с 1.

3.a. Нагласете системата, така че да можете да наблюдавате най-малко две петна и запишете техните позиции. Направете измерванията за най-малко три разстояния огледало-екран в интервала 25-40 cm.

3.b. Нарисувайте диаграма на своята експериментална установка.

3.c. Използвайки получените данни, определете тази специфична характеристика на „странното огледало” 1, която му позволява да отразява един лъч в множество лъчи.

Поставете показалката със зелена светлина, така че светлината да достига екрана след от „странното огледало”, означено с 2.

3.d. Нагласете системата, така че да можете да наблюдавате най-малко две петна и запишете техните позиции. Направете измерване, аналогично на тези в подточка 3.a за едно разстояние в интервала 25-40 cm.

3.e. Използвайки получените данни, определете тази специфична характеристика на „странното огледало” 2, която му позволява да отразява един лъч в множество лъчи.

Authors:

Dr. Delia Davidescu – National Center for Assessment and Examination, Ministry of Education, Research, Youth and Sports

Prof. Dr. Adrian Dăfinei – Faculty of Physics, Bucharest University

Код на участника

ANSWER SHEET FOR PROBLEM No. 1

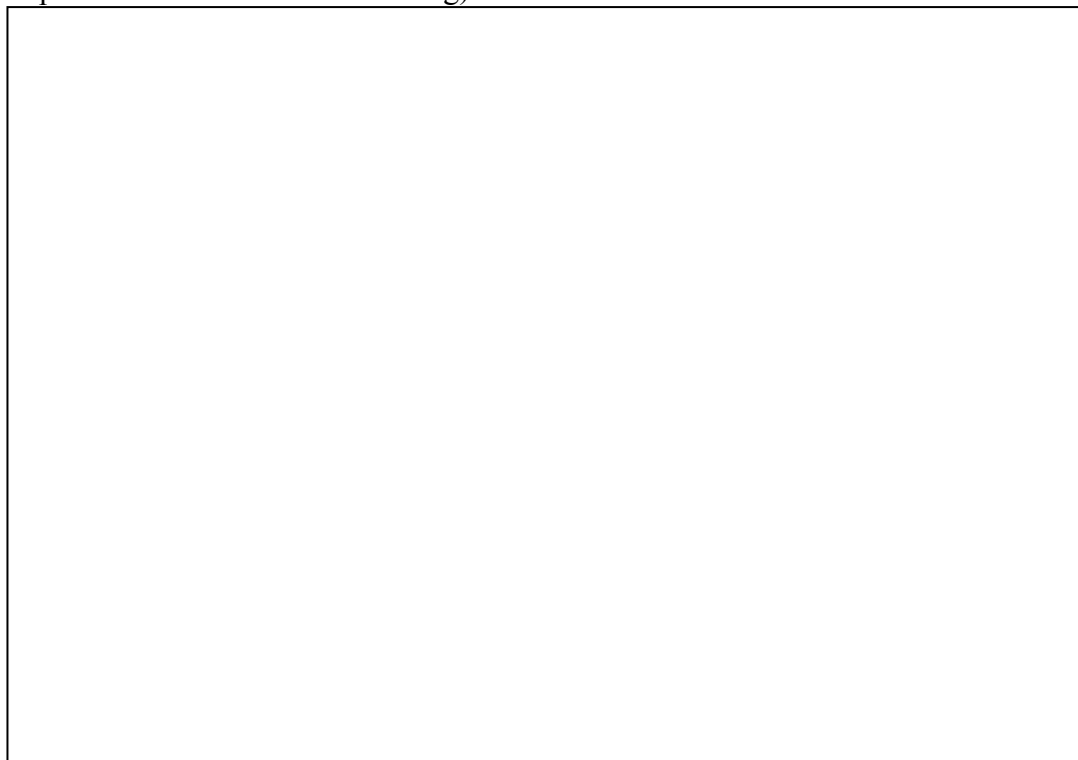
a.

$$[f]_{\text{SI}} =$$

b.

$$v_{x \text{ max}} =$$

c. Начертайте тук графиката на вероятностите за събитията от -5 до +5 (it is not imperative to make a scale drawing).



Код на участника

d. Начертайте тук 11-стъпкова стъпаловидна функция, която апроксимира Гаусовото нормално разпределение. (it is not imperative to make a scale drawing).

e.

$$\eta =$$

f.

$$\eta =$$

g.

$$v_p =$$

h.

$$P(0,0,0) =$$

Case No.	Case Name	Case Type	Case Status	Case Date	Case Location	Case Description	Case Notes	Case Attachments
1	John Doe	Medical	Open	2023-01-01	New York	John Doe, 45 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-01. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	John Doe has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	John Doe's medical records from 2022-12-15. John Doe's medical records from 2022-12-15.
2	Jane Smith	Medical	Open	2023-01-02	New York	Jane Smith, 32 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-02. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Jane Smith has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Jane Smith's medical records from 2022-12-15. Jane Smith's medical records from 2022-12-15.
3	Michael Johnson	Medical	Open	2023-01-03	New York	Michael Johnson, 58 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-03. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	Michael Johnson has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	Michael Johnson's medical records from 2022-12-15. Michael Johnson's medical records from 2022-12-15.
4	Sarah Brown	Medical	Open	2023-01-04	New York	Sarah Brown, 41 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-04. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Sarah Brown has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Sarah Brown's medical records from 2022-12-15. Sarah Brown's medical records from 2022-12-15.
5	David Wilson	Medical	Open	2023-01-05	New York	David Wilson, 62 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-05. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	David Wilson has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	David Wilson's medical records from 2022-12-15. David Wilson's medical records from 2022-12-15.
6	Emily Davis	Medical	Open	2023-01-06	New York	Emily Davis, 38 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-06. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Emily Davis has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Emily Davis's medical records from 2022-12-15. Emily Davis's medical records from 2022-12-15.
7	Robert Miller	Medical	Open	2023-01-07	New York	Robert Miller, 55 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-07. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	Robert Miller has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	Robert Miller's medical records from 2022-12-15. Robert Miller's medical records from 2022-12-15.
8	Laura White	Medical	Open	2023-01-08	New York	Laura White, 49 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-08. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Laura White has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Laura White's medical records from 2022-12-15. Laura White's medical records from 2022-12-15.
9	Christopher Lee	Medical	Open	2023-01-09	New York	Christopher Lee, 67 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-09. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	Christopher Lee has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	Christopher Lee's medical records from 2022-12-15. Christopher Lee's medical records from 2022-12-15.
10	Amanda Taylor	Medical	Open	2023-01-10	New York	Amanda Taylor, 35 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-10. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Amanda Taylor has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Amanda Taylor's medical records from 2022-12-15. Amanda Taylor's medical records from 2022-12-15.
11	Matthew Garcia	Medical	Open	2023-01-11	New York	Matthew Garcia, 51 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-11. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	Matthew Garcia has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	Matthew Garcia's medical records from 2022-12-15. Matthew Garcia's medical records from 2022-12-15.
12	Olivia Martinez	Medical	Open	2023-01-12	New York	Olivia Martinez, 43 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-12. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Olivia Martinez has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Olivia Martinez's medical records from 2022-12-15. Olivia Martinez's medical records from 2022-12-15.
13	Benjamin Clark	Medical	Open	2023-01-13	New York	Benjamin Clark, 60 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-13. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	Benjamin Clark has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	Benjamin Clark's medical records from 2022-12-15. Benjamin Clark's medical records from 2022-12-15.
14	Sophia Rodriguez	Medical	Open	2023-01-14	New York	Sophia Rodriguez, 37 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-14. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Sophia Rodriguez has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Sophia Rodriguez's medical records from 2022-12-15. Sophia Rodriguez's medical records from 2022-12-15.
15	Lucas Hernandez	Medical	Open	2023-01-15	New York	Lucas Hernandez, 53 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-15. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	Lucas Hernandez has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	Lucas Hernandez's medical records from 2022-12-15. Lucas Hernandez's medical records from 2022-12-15.
16	Mia King	Medical	Open	2023-01-16	New York	Mia King, 46 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-16. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Mia King has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Mia King's medical records from 2022-12-15. Mia King's medical records from 2022-12-15.
17	Ethan Scott	Medical	Open	2023-01-17	New York	Ethan Scott, 64 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-17. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	Ethan Scott has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	Ethan Scott's medical records from 2022-12-15. Ethan Scott's medical records from 2022-12-15.
18	Avery Adams	Medical	Open	2023-01-18	New York	Avery Adams, 39 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-18. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Avery Adams has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Avery Adams's medical records from 2022-12-15. Avery Adams's medical records from 2022-12-15.
19	Isaac Baker	Medical	Open	2023-01-19	New York	Isaac Baker, 56 years old, male, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-19. He was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. He is currently recovering in the hospital.	Isaac Baker has a history of high blood pressure and cholesterol. He was last seen by a doctor on 2022-12-15. He is currently on medication for his blood pressure and cholesterol.	Isaac Baker's medical records from 2022-12-15. Isaac Baker's medical records from 2022-12-15.
20	Grace Campbell	Medical	Open	2023-01-20	New York	Grace Campbell, 48 years old, female, reported a sudden onset of chest pain and shortness of breath on 2023-01-20. She was taken to the hospital and diagnosed with a heart attack. She is currently recovering in the hospital.	Grace Campbell has a history of high blood pressure and cholesterol. She was last seen by a doctor on 2022-12-15. She is currently on medication for her blood pressure and cholesterol.	Grace Campbell's medical records from 2022-12-15. Grace Campbell

$$\eta =$$

Код на участника

ANSWER SHEET FOR PROBLEM No. 2

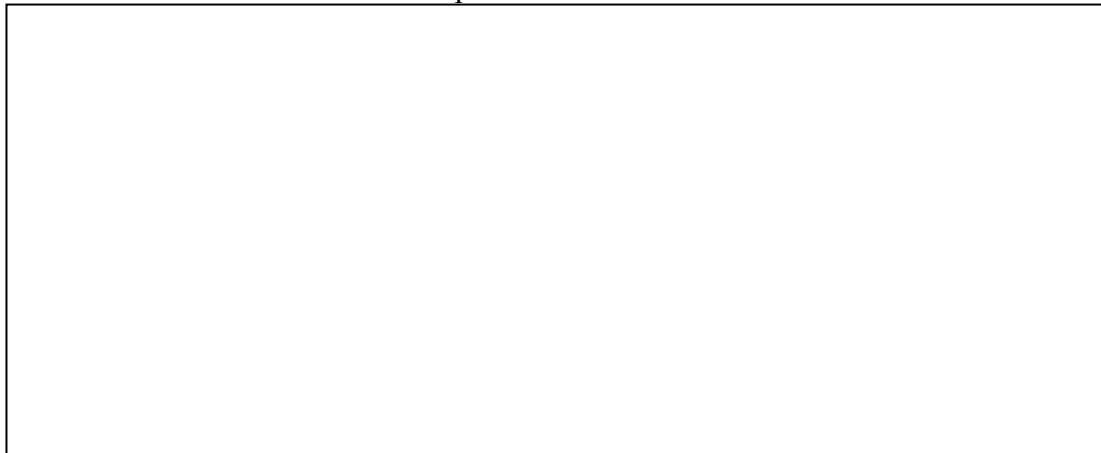
Задача 1

1.a. Положенията на най-малко пет петна за $d_1 = 30$ cm.

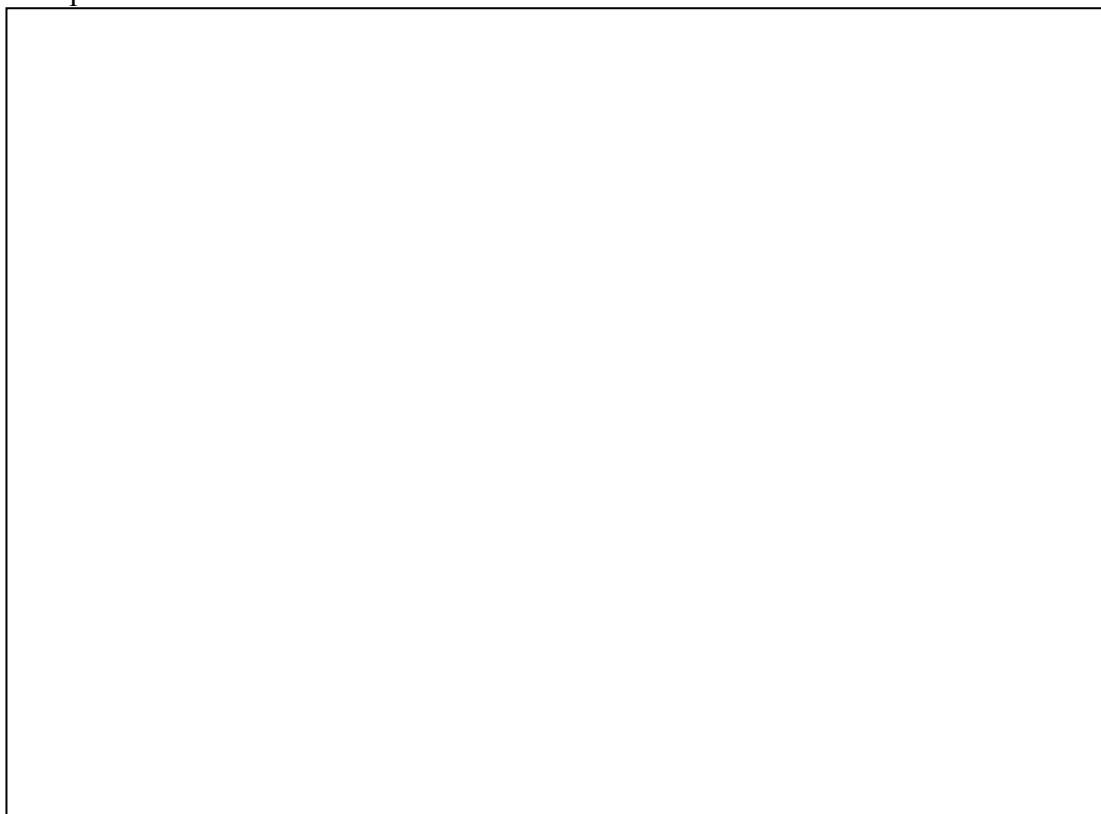
1.b. Стойността на константата на дифракционната решетка и грешката при измерването.

Код на участника

1.c. Положенията на най-малко три петна за $d_2 = 90$ cm.



1.d. Стойността на константата на дифракционната решетка и грешката при измерване.



Код на участника

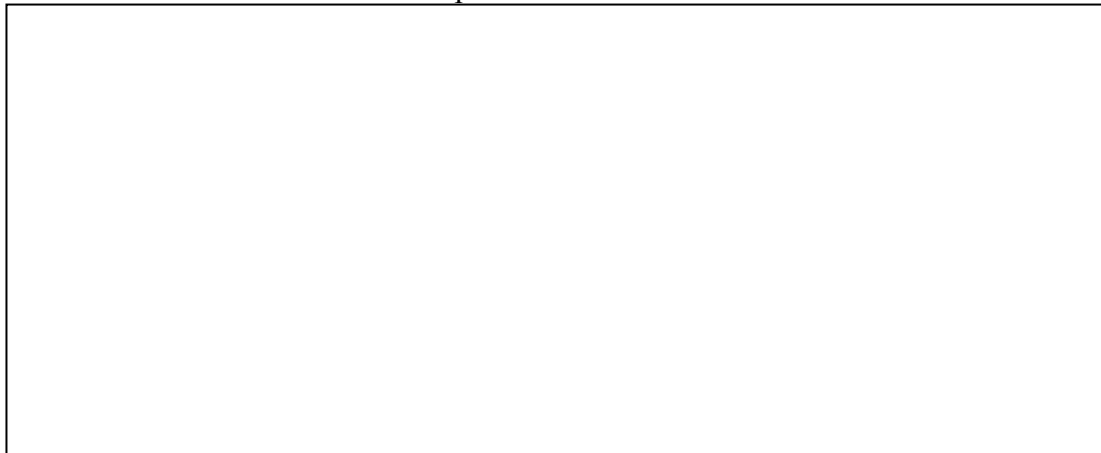
Задача 2

2.a. Положенията на най-малко пет петна за $d_1 = 30$ cm.

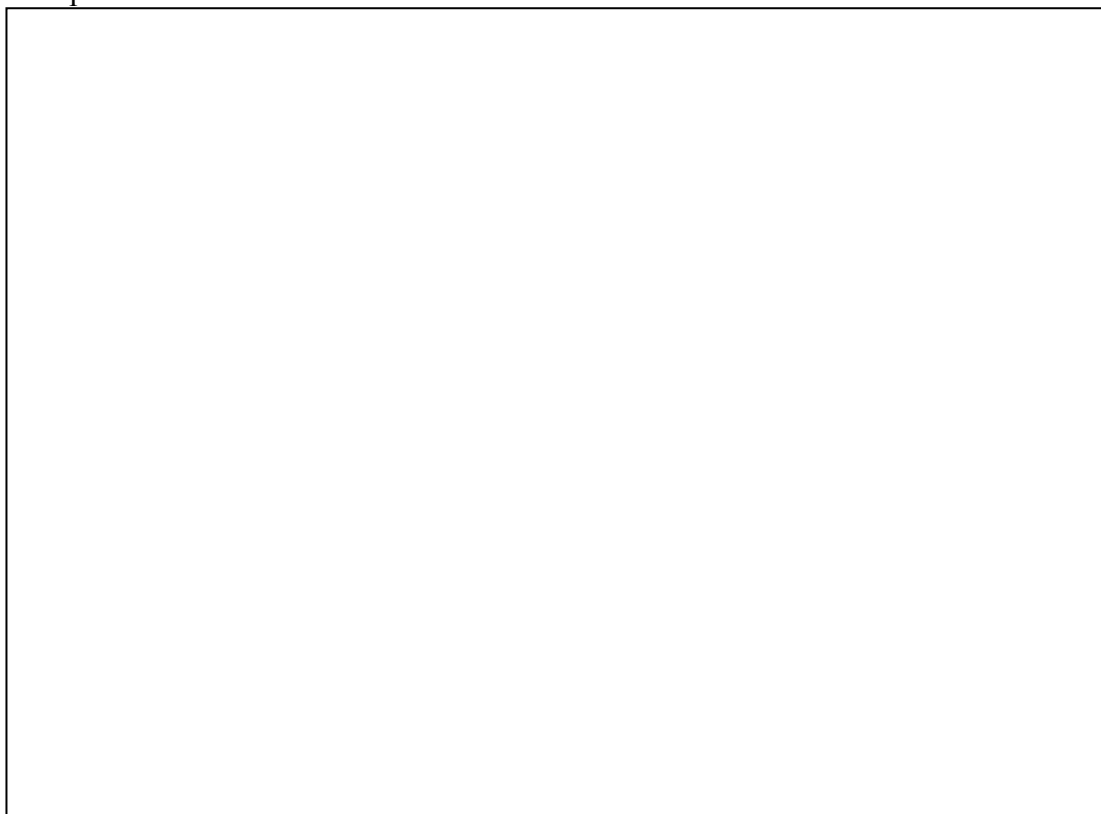
2.b. Стойността на дължината на вълната за зелената светлина и грешката при измерването.

Код на участника

2.c. Положенията на най-малко три петна за $d_2 = 90$ cm.



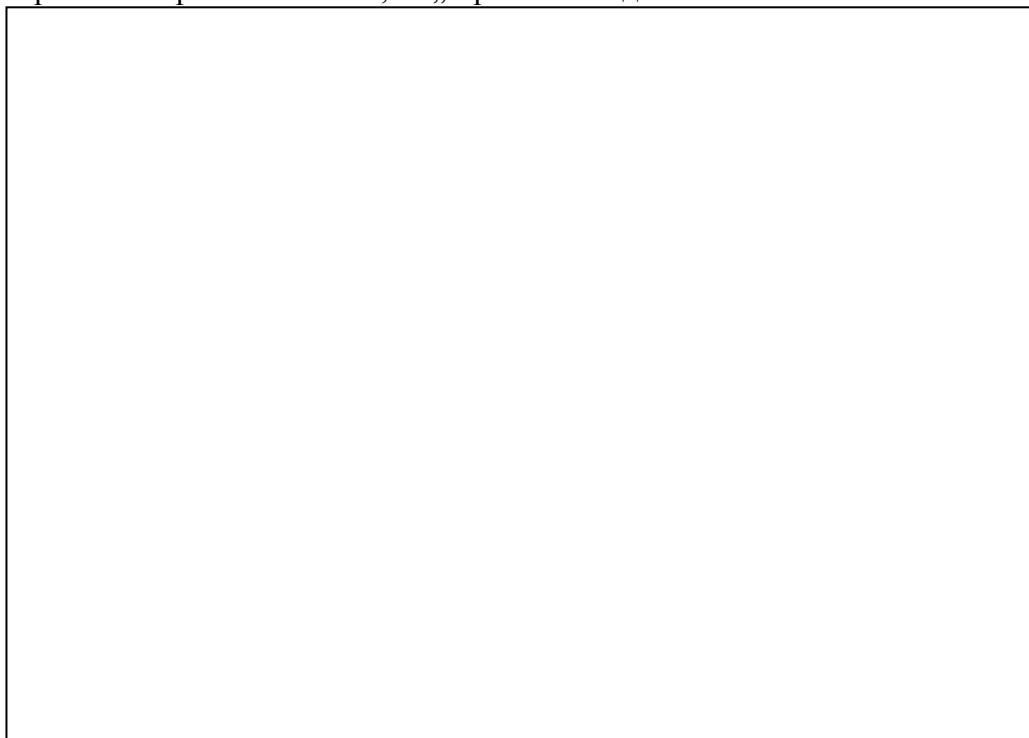
2.d. Стойността на дължината на вълната за зелената светлина и грешката при измерването.



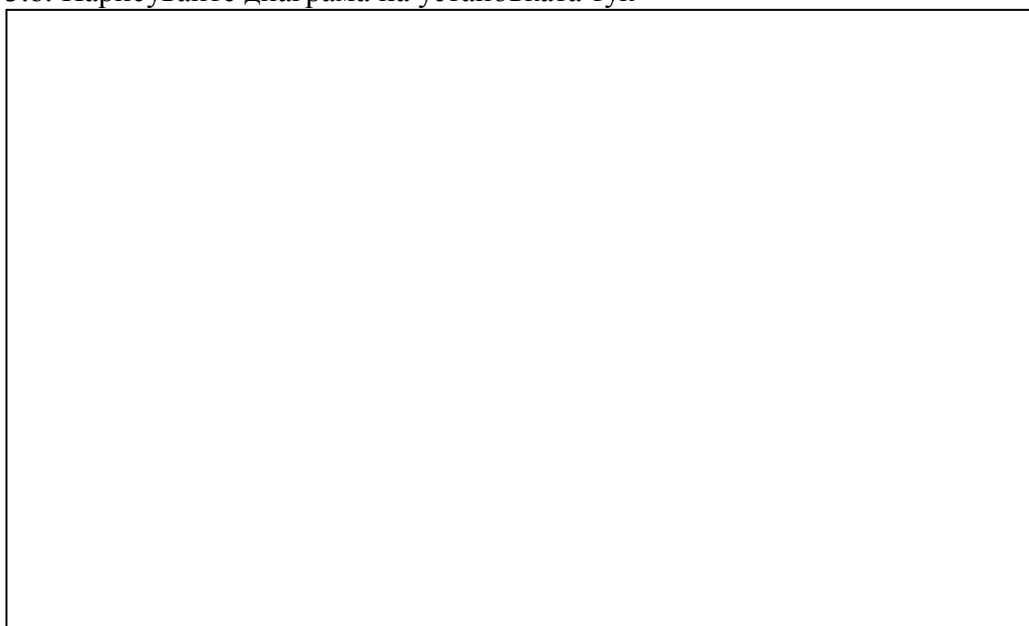
Код на участника

Задача 3

3.a. Положенията на най-малко две петна за най-малко три разстояния огледало-екран в интервала 25-40 cm, за „странно огледало”1.

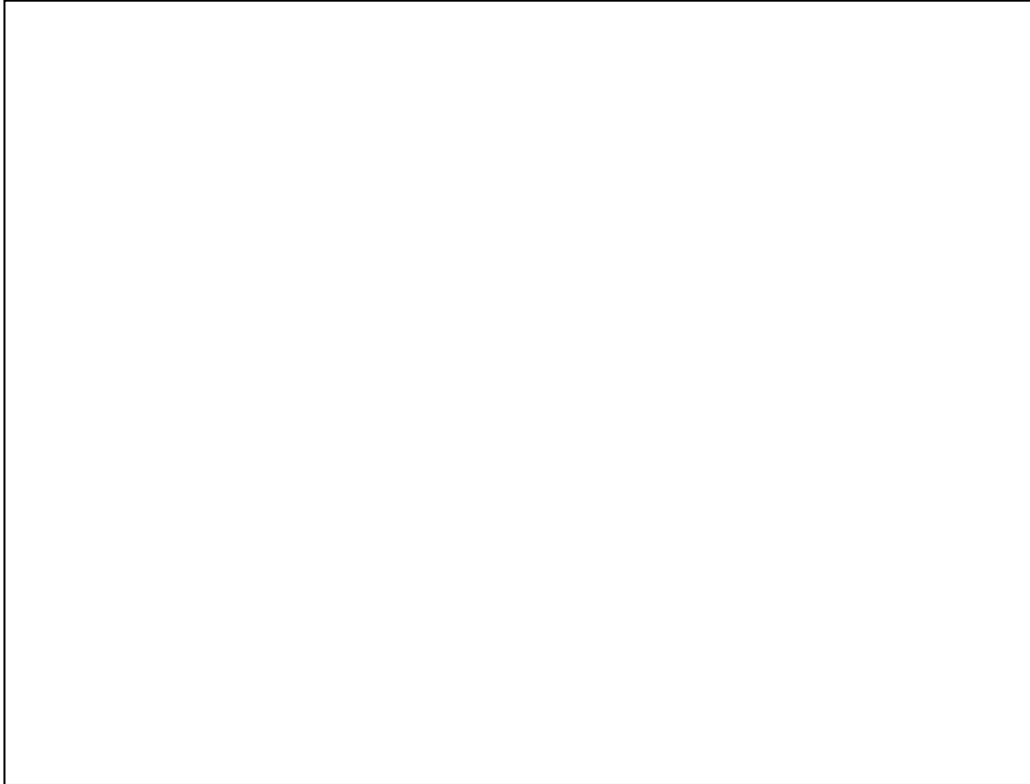


3.b. Нарисувайте диаграма на установката тук

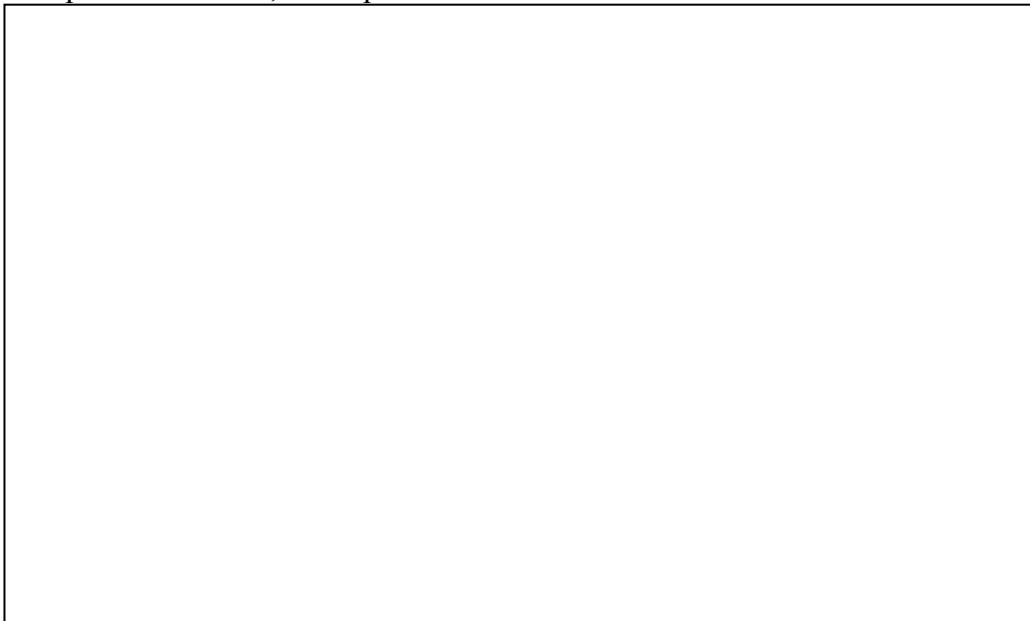


Код на участника

3.c. Специфичната характеристика на „странно огледало” 1, която му позволява да отразява един лъч в множество лъчи.



3.d. Положенията мна най-малко две петна за едно разстояние огледало-екран в интервала 25-40 cm, за “странно огледало” 2.



Код на участника

3.е. Специфичната характеристика на „странно огледало” 2, която му позволява да отразява един лъч в множество лъчи.

