National Physics Olympiad 2023

Theory Question Paper

Category C

Time: 3 Hours

3 March, 2023

Name :

Registration No :

Class (In 2022) :

Institute :

Phone No :

Email :

Problem 1. Cathode Ray Deflection [10 Points]

One interesting way to distinguish charged particles from each other is to compare their charge-to-mass ratio. In 1897, J.J. Thompson conducted the famous cathode ray experiment, which resulted in the discovery of electrons. In this problem, we will follow the methods of J.J. Thompson to find the charge-to-mass ratio of the electron.

একটি চার্জিত কণা থেকে আরেকটিকে আলাদা করার একটি অন্যতম উপায় হলো এদের চার্জ ও ভরের অনুপাত তুলনা করা। 1897 সালে জে. জে. থমসন বিখ্যাত ক্যাথোড রশ্মি পরীক্ষা পরিচালনা করেন, যার মাধ্যমে ইলেকট্রন আবিষ্কৃত হয়। এই প্রশ্নে আমরা জে. জে. থমসনের পদ্ধতি অনুসরণ করে ইলেকট্রনের চার্জ-ভর অনুপাত বের করবো।

Part A

For the experiment, a small voltage is applied to a filament, causing it to heat up and release electrons into the cathode ray tube with negligible velocity. These electrons are then accelerated through a large potential difference in an electron gun. They then pass into a region where there is a uniform magnetic field. In this region, their deflection can be measured on a deflection grid. Ignore all relativistic effects. In the problem, we will denote the charge-to-mass ratio (e/m) as α.

এই পরীক্ষণের জন্য একটি ফিলামেন্টে ক্ষুদ্র বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে, এটি উত্তপ্ত হয় এবং ক্যাথোড রশ্মি নলে নগন্য বেগে ইলেকট্রন নির্গত করে। এই ইলেকট্রনগুলো তখন একটি ইলেকট্রন গানের মধ্যে দিয়ে নিয়ে যাওয়া হয়, যেখানে এরা বড় বিভব পার্থক্য থাকার জন্য ত্বরণপ্রাপ্ত হয়। তারপর এরা একটি সুষম চৌম্বক ক্ষেত্র অঞ্চলে প্রবেশ করে। এই অঞ্চলে একটি বিচ্যুতি গ্রিডের মধ্যমে এদের বিচ্যুতি হিসাব করা সম্ভব। এই সমস্যাতে আপেক্ষিকতা তত্ত্বের সকল প্রভাবকে উপেক্ষা করো। এছাড়াও, এই সমস্যাতে আমরা চার্জ-ভরের অনুপাত (e/m) কে α দিয়ে প্রকাশ করবো।

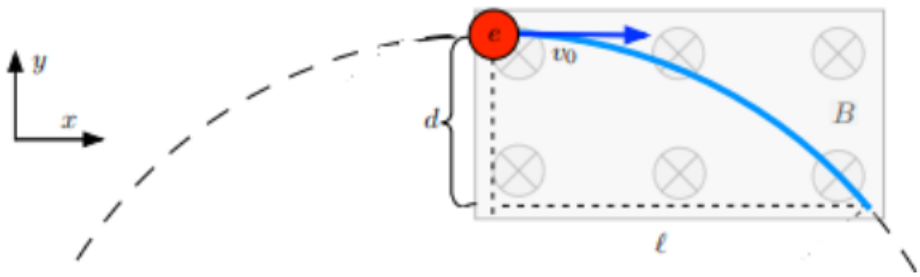

Figure 1

A1	The voltage given in the electron gun is V. Then, find the final speed of the electron (v_0). ইলেকট্রন গানের বিভব দেওয়া আছে V. তাহলে ইলেক্ট্রন গানের মধ্যে দিয়ে যাওয়ার পর ইলেকট্রনের শেষ দ্রুতি, v_0 বের করো।	0.5 pts

Part B

After being accelerated through the electron gun, an electron enters a rectangular region of the constant magnetic field $\vec{B} = -B\hat{z}$. Let the direction of the electron velocity be $\vec{v} = v_0\hat{x}$. The electron will follow a circular arc inside the magnetic field. Let r be the radius of this circle.

ইলেক্ট্রন গান দিয়ে গতিশীল হওয়ার পর ইলেক্ট্রনটি একটি ধ্রুব চৌম্বকক্ষেত্র $\vec{B} = -B\hat{z}$ বিশিষ্ট একটি আয়তাকার অঞ্চলে প্রবেশ করে। ধরি, ইলেক্ট্রনের বেগের দিক $\vec{v} = v_0\hat{x}$। ইলেক্ট্রনটি, চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে একটি বৃত্ত চাপ বরাবর চলবে। এই বৃত্তের ব্যাসার্ধ r ধরে নিই।

B1	Express the electron's charge-to-mass ratio $\alpha(e/m)$ in terms of V, B, r, and other constants. V, B, r এবং অন্যান্য ধ্রুবকের সাহায্যে ইলেক্ট্রনের চার্জ ও ভরের অনুপাত $\alpha = (e/m)$ কে প্রকাশ করো।	1.5 pts

However, we cannot directly measure the radius of the circular path. What we actually measure in the experiment is the deflection d in the y-direction after the electron has travelled a distance L in the x-direction.

তবে, আমরা সরাসরি এই বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ বের করতে পারি না। আমরা আসলে পরীক্ষণের মাধ্যমে ইলেক্ট্রনটি x অক্ষে L দূরত্ব যাওয়ার পরে y অক্ষে বিচ্যুতি d পরিমাপ করি।

B2	Express r in terms of d and L. r কে d এবং L এর মাধ্যমে প্রকাশ করো।	1 pts

Part C

Now, let's consider how we calculate the magnetic field. First, start with a current carrying loop of radius R. The magnetic field generated by a constant current flowing through a wire is given by the Biot-Savart law as in equation (1).

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \tag{1}$$

এখন, আমরা কিভাবে চৌম্বকক্ষেত্র বের করতে পারি সেটি নিয়ে কাজ করবো। প্রথমে একটি তড়িৎ বহনকারী R ব্যাসার্ধের লুপ দিয়ে শুরু করি। এই লুপের মধ্য দিয়ে ধ্রুব তড়িৎ প্রবাহের জন্য তৈরি হওয়া চৌম্বক ক্ষেত্র বের করা যায় বিয়োঁ-স্যাভার সুত্র দিয়ে-

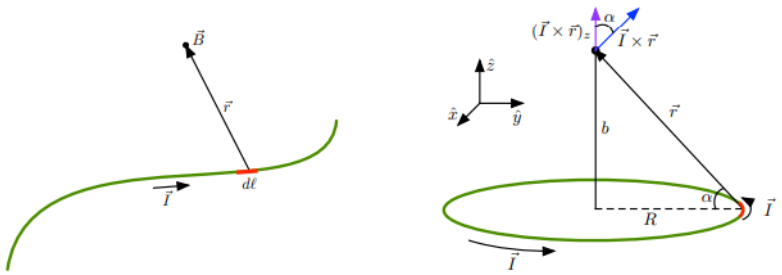

Figure 2

where $d\vec{l}$ is a small displacement vector in the direction of the current flow. If a current I flows through the loop, a magnetic field $\vec{B_1}$ is produced at a distance b along the axis of symmetry of the loop from its center.

যেখানে, $d\vec{l}$ তড়িৎ প্রবাহের দিকে একটি অতি ক্ষুদ্র সরণ ভেক্টর। যদি I তড়িৎ লুপের মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত হয়, তাহলে লুপের কেন্দ্র থেকে প্রতিসাম্য অক্ষ বরাবর b দূরত্বে একটি চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B_1}$ তৈরি হয়।

C1	Find the magnitude of $\vec{B_1}$ in terms of I, R, b, and other constants. I, R, b এবং অন্যান্য ধ্রুবকের সাহায্যে $\vec{B_1}$ এর মান নির্ণয় করো।	2 pts

To create the magnetic field in this, we use "Helmholtz coils" which consist of a pair of coils, each coil containing N loops. Each loop has a radius R and the coils are displaced from each other at a distance R along the axis of symmetry. Here, we ignore the thickness of the coil.

এই পরীক্ষণে চৌম্বকক্ষেত্র তৈরির জন্য আমরা "হেলমোল্টজ কয়েল" ব্যবহার করবো, যা একজোড়া কয়েল দিয়ে তৈরি এবং প্রতিটি কয়েলে N টি লুপ একই দিকে তড়িৎ বহন করছে (তড়িত প্রবাহের দিক z অক্ষ থেকে দেখা হলে ঘড়ির কাটার বিপরীতে)।

C2	Find the magnitude of the total magnetic field $\vec{B}$ in the center of the "Helmholtz coil". "হেলমোল্টজ কয়েল" কয়েলদ্বয়ের মাঝের প্রতিসাম্য অক্ষ বরাবর মধ্যবিন্দুতে, মোট চৌম্বক ক্ষেত্র $\vec{B}$ এর মান বের করো।	1 pts

C3	From the equation of B, state the reason for using the "Helmholtz coils" in this experiment. B এর সুত্র থেকে এই পরীক্ষণে "হেলমোল্টজ কয়েল" ব্যবহারের কারণ লিখ।	0.7 pts

Part D

There is still another twist here:

By controlling the current in the coils, we can not completely control the magnetic field the electron is subjected to because even when the current is off, the electron will feel the effects of the magnetic field of the Earth itself, which has a strength of roughly half a Gauss, which is not negligible.

To remove the effect of Earth's magnetic field, we'll use a simple procedure.

We'll take the measurement two times.

Case 1. The first measurement having the coil field and Earths magnetic field in the same direction, and

Case 2. The second one is in the opposite direction.

Let, r_+ be the radius of curvature from **Part B** when the magnetic field of the coils is aligned with the Earth's field and r_- be the radius of curvature when the magnetic field of the coils is aligned against the Earth's field. Here lets denote the magnitude of the Earth's magnetic field by B_0.

এখানে আরো একটি মজার বিষয় আছেঃ

কয়েলের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে আমরা ইলেক্ট্রনের উপর প্রযোজ্য চৌম্বকক্ষেত্র সম্পূর্ণভাবে নিয়ন্ত্রণ করতে পারবো না। কারণ যখন তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ থাকবে তখনও ইলেক্ট্রনটির উপর পৃথিবীর চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাব থাকবে, যার মান প্রায় অর্ধেক গাউসের কাছাকাছি! এটি উপেক্ষা করা সম্ভব না।

পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবকে দূর করার জন্য, আমরা একটি সহজ পদ্ধতি অবলম্বন করবো।

আমরা দুইবার পরিমাপ করবো।

কেস 1. প্রথম বার পরিমাপের সময়, কয়েলের ক্ষেত্র আর পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রকে একই দিকে নিয়ে, এবং

কেস 2. দ্বিতীয় বার, বিপরীত দিকে নিয়ে।

ধরো, r_+ বক্রতার ব্যাসার্ধ যখন Part B তে কয়েলের চৌম্বকক্ষেত্র আর পৃথিবীর ক্ষেত্র একই দিক্র ছিলো এবং বক্রতার ব্যাসার্ধ r_-, যখন কয়েলের চৌম্বক ক্ষেত্র পৃথিবীর ক্ষেত্রের বিপরীতে থাকে। এখানে আমরা পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রের মানকে B_0 দ্বারা প্রকাশ করবো।

D1	Find the expression for r_+ and r_-, in terms of B, B_0, V, and α. B, B_0, V এবং α ব্যবহার করে, r_+ এবং r_- এর রাশি বের করো।	0.8 pts

In reality, we want to eliminate the dependence of r on B_0. We can define an effective radius r_{eff} which can be thought of as the radius of what the electron's path would be were it only subject to the applied field B. We express r_{eff} in terms of r_+ and r_-, and find the values of r_+ and r_- through experiments. In this way, we can consider the effect of the Earth's magnetic field without directly using its value.

বাস্তবে, আমরা r এর উপর B_0 এর নির্ভরশীলতা দূর করতে চাই। এজন্য আমরা একটি কার্যকর ব্যাসার্ধ r_{eff} সংজ্ঞায়িত করবো। এটিকে এমনভাবে চিন্তা করা পারি, যদি ইলেক্টনের উপর শুধুমাত্র প্রযোজ্য ক্ষেত্র B হয়, তাহলে ইলেকট্রনের পথের ব্যাসার্ধ হবে r_{eff}। আমরা r_{eff} কে r_+ and r_- এর মাধ্যমে প্রকাশ করবো, এবং r_+ and r_- মান সরাসরি পরিক্ষণ থেকে নির্ণয় করবো। এভাবে আমরা সরাসরি পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষেত্রের মান ব্যবহার না করে এর প্রভাব হিসাব করতে পারবো।

D2	Express r_{eff} in terms of r_+ and r_-. r_{eff} কে, r_+ এবং r_- মাধ্যমে প্রকাশ করো।	1.5 pts

It's time to find the value of the ratio α. From an experiment with $V = 6$ V, $I = 1.53$ A, $L = 1$ mm, $N = 420$, and $R = 71$ mm, we found the deflection for the case 1, $d_+ = 0.69$ mm and deflection for the case 2, $d_- = 0.98$ mm.

এখন আমরা অনুপাত α এর মান বের করবো। একটি পরীক্ষণে $V = 6$ V, $I = 1.53$ A, $L = 1$ mm, $N = 420$ এবং $R = 71$ mm পাওয়া গেলো। এছাড়াও, কেস 1 এর জন্য বিচ্যুতি $d_+ = 69$ mm এবং কেস 2 এর জন্য বিচ্যুতি $d_- = 0.98$ mm।

D3	Find the value of the electron charge-to-mass ratio. ইলেক্ট্রনের চার্জ-ভরের অনুপাতের মান বের করো।	1 pts

Problem 2. Wavelength of Light [9 Points]

Lazim knows the range of wavelengths of individual colours like red, green, and blue from the visible spectrum. But he wants to verify them empirically. So one day, he used the RGB filters from his astrophotography setup to devise an experiment to determine the wavelengths of red, green and blue light.

লাজিম দৃশ্যমান আলোর বিভিন্ন বর্ণ যেমন লাল, সবুজ, নীল এর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিসর জানে। কিন্তু সে পরীক্ষা করে তা যাচাই করতে চায়। তাই একদিন সে তার এস্ট্রোফটোগ্রাফি সেটআপের RGB ফিল্টার ব্যবহার করে লাল, সবুজ ও নীল বর্ণের আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয়ের একটি পরীক্ষণ তৈরি করলো।

For his experiment, he created a vacuum chamber and vertically placed the filters individually at the chamber's centre. Then he aimed a white light source at it. The light source emits photons uniformly across the visible spectrum, which is 380 nm to 780 nm range with 10 W power. It creates a light beam of radius 10 cm, the same as the filters. When light incident upon one of the filters, it allows light from a specific 30 nm band to pass while absorbing the rest of the light. Then the filter heats up and tries to lose it by various means. You can assume

1. The inner walls of the chamber do not reflect any light.
2. Their temperature stays at a constant 293 K throughout the experiment.
3. The contact surface of the filter and the other material is of negligible area.

তার পরীক্ষণের জন্য সে একটি বায়ুশুন্য প্রকোষ্ঠ তৈরি করে তার কেন্দ্রে ফিল্টারগুলোকে পৃথকভাবে উল্লম্বভাবে রাখলো। তারপর সে একটি সাদা আলোর উৎস ফিল্টারের দিকে তাক করলো। আলোর উৎসটি দৃশ্যমান আলোর পরিসরজুড়ে, যা 380 nm থেকে 780 nm পর্যন্ত, সুষমভাবে ফোটন নিঃসরণ করে 10 W ক্ষমতায়। এটি ফিল্টারের ব্যাসার্ধের সমান 10 cm ব্যাসার্ধে আলোর বিম তৈরি করে। যখন আলো একটি ফিল্টারের উপর পড়ে, তখন এটি শুধু একটি নির্দিষ্ট 30 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য ব্যবধির আলোকে যেতে দেয় আর বাকি আলো শোষণ করে নেয়। তখন ফিল্টারটি উত্তপ্ত হয় এবং বিভিন্নভাবে তাপ ছেড়ে দিতে চেষ্টা করে। তুমি ধরতে পারো

1. প্রকোষ্ঠের ভেতরের দেয়াল কোন আলো প্রতিফলন করে না।
2. পরীক্ষণ চলাকালীন ধ্রুব তাপমাত্রা 293 K বজায় থাকে।
3. ফিল্টার ও অন্যান্য বস্তুর স্পর্শতল নগণ্য ক্ষেত্রফলের।

The radiation power can be expressed as

বিকিরণ ক্ষমতাকে প্রকাশ করা যায়

$$P = \epsilon\sigma A\left(T^4 - {T_0}^4\right)$$

where ϵ is emissivity, σ is Stefan-Boltzmann constant ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ Wm^{-2}K^{-4}), A is surface area, T is Kelvin temperature of the filter, T_0 is the kelvin temperature of the envirenment.

যেখানে σ হলো এমিসিভিটি, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ Wm^{-2}K^{-4} স্টেফান-বোল্টজম্যান ধ্রুবক , A হলো পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল, T হলো ফিল্টারের কেলভিন তাপমাত্রা, T_0 হলো পরিবেশের কেলভিন তাপমাত্রা।

You may also use this integral:

তুমি এই ইন্টিগ্রালটি ব্যবহার করতে পারো:

$$\int_a^b \frac{1}{x}\,dx = \ln\frac{b}{a}$$

A	How many photos per nm wavelength interval are emitted from the light source? প্রতি nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য ব্যবধিতে কতগুলো ফোটন নিঃসরিত হচ্ছে?	1 pts

Below is a list of the findings from the experiment. The final stabilized temperature for each filter is shown below.

নিচে পরীক্ষণের ফলাফলের তালিকা দেওয়া হলো। চূড়ান্ত স্থিতিশীল তাপমাত্রা নিচে প্রদর্শিত হলো।

Filter Color	Red	Green	Blue
Temperature (K)	317.4	316.9	316.6

B	If the emissivity of the filter is 0.95, then determine what is the central wavelength of each filter's wavelength interval. যদি ফিল্টারের এমিসিভিটি 0.95 হয়, তাহলে প্রতিটি ফিল্টারের তরঙ্গদৈর্ঘ্য ব্যবধির কেন্দ্রীয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।	2.5 pts

Now Lazim has got his hands on an exotic filter of the same radius which can simultaneously let light pass from two different regions of the visible spectrum. He knows that the central wavelengths of the regions are 434 nm and 656 nm. But he does not know the width of the wavelength interval of light this filter will let pass. Now after conducting this experiment again, he found the final stabilized temperature of 317.5 K.

এখন লাজিম একই ব্যাসার্ধের একটি বিশেষ ফিল্টার হাতে পেয়েছে যা একইসাথে দৃশ্যমান আলোর দুইটি অঞ্চল থেকে আলো যেতে দেয়। সে জানে যে অঞ্চলগুলোর কেন্দ্রীয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য 434 nm ও 656 nm। কিন্তু লাজিম ফিল্টারটি যেই তরঙ্গদৈর্ঘ্য ব্যবধির আলো যেতে দেবে, তার পরিসর জানেনা। এখন আবার সেই পরীক্ষণটি করার পর, সে চূড়ান্ত স্থিতিশীল তাপমাত্রা 317.5 K পেল।

C	The width of the light wavelength intervals is equal for either wavelength interval. Then, find out the width of the light wavelength intervals. উভয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য ব্যবধির জন্য ব্যবধির পরিসর সমান। তাহলে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ব্যবধিগুলোর পরিসর নির্ণয় করো।	2 pts

Armed with this knowledge, Lazim now carries on to find the wavelength of secondary colours based on the assumption that equal colours should have equal average photon energy. At first, he places 2 polarisers each in front of two such light sources. Malus law states that if the axes of two polarisers are θ angle apart, then the intensity of the light through them is $cos^2\theta$ times the original intensity.

এই তথ্য জানার পরে, লাজিম এখন যৌগিক বর্ণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করার চেষ্টা করে। সে ধরে নেয় যে সমতুল্য বর্ণের সমান গড় ফোটন শক্তি থাকা উচিত। প্রথমে সে দুইটি আলোর উৎসের সামনে 2 টি করে পোলারাইজার রাখে। ম্যালাস সূত্র বলে যে দুটি পোলারাইজার এর অক্ষদ্বয় θ কোণ দূরবর্তী হলে, তাদের মধ্য দিয়ে যাওয়া আলোর তীব্রতা আদি তীব্রতার $\cos^2\theta$ গুণ।

D	The axes of the polarisers in front of the light sources are θ_1 and θ_2 angles apart. Now, find out the output power of the light after passing the polarisers. আলোর উৎসের সামনে পোলারাইজারগুলোর অক্ষদ্বয় θ_1 ও θ_2 কোণ দূরবর্তী। এখন পোলারাইজারগুলো পার করার পর আলোগুলোর আউটপুট ক্ষমতা নির্ণয় কর।	1 pts

Then the filters are placed in front of the polarisers. Assume, the filters cause no loss of intensity and all polarisers are appropriately aligned. He chooses three shades one cyan, one magenta, and one yellow. He uses previously used light sources for comparison. He tunes the polariser angles until he gets the closest match. The results are shown in the table below.

তারপর ফিল্টারগুলো পোলারাইজারগুলোর সামনে রাখা হলো। ধরো, ফিল্টারগুলো তীব্রতা কমায় না ও সকল পোলারাইজারগুলো যথাযথভাবে বিন্যস্ত। সে তিনটি বর্ণ নির্বাচন করে – একটি আসমানি, একটি ম্যাজেন্টা ও একটি হলুদ। সে পূর্বে ব্যবহৃত আলোর উৎসগুলো ব্যবহার করে তুলনার জন্য। সে পোলারাইজার কোণ পরিবর্তন করতে থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত না সে সবচেয়ে কাছাকাছি মিল পায়। ফলাফলগুলো নিচের টেবিলে প্রদর্শিত হলো।

Color	Cyan	Magenta	Yellow
Red filter polariser angle (in degrees)	NA	48.3	55.4
Green filter polariser angle (in degrees)	52.1	NA	34.6
Blue filter polariser angle (in degrees)	37.9	41.7	NA

E	Based on these data, calculate the wavelength of the cyan, magenta, and yellow lights. উপাত্তগুলোর উপর ভিত্তি করে আসমানি, ম্যাজেন্টা ও হলুদ বর্ণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।	2.5 pts

Problem 3. Rotating Bucket of Water [6 Points]

When a bucket full of water is being rotated, the water surface makes a parabolic shape. If we take a cross-section of the surface, its slope will be related to gravitational acceleration, g. That means that we can calculate the values of g by taking the slope measurement at various points. For reference, we will use $g = 9.7835$ m/s^2.

যখন একটি পানিভর্তি বালতিকে ঘোরানো হয়, তখন পানির তল একটি পরাবৃত্তের মতো (Parabolic) আকার ধারণ করে। এখন এই তলের একটি প্রস্থচ্ছেদ নিলে, সেটির ঢালের সাথে অভিকর্ষজ ত্বরণ g সম্পর্কিত হবে। অর্থাৎ, আমরা বিভিন্ন পয়েন্টের ঢালের পরিমাপ নিয়ে, সেগুলো ব্যবহার করে g এর মান হিসাব করতে পারি। এইক্ষেত্রে, আমরা আদর্শ হিসেবে $g = 9.7835$ m/s^2 ব্যবহার করবো।

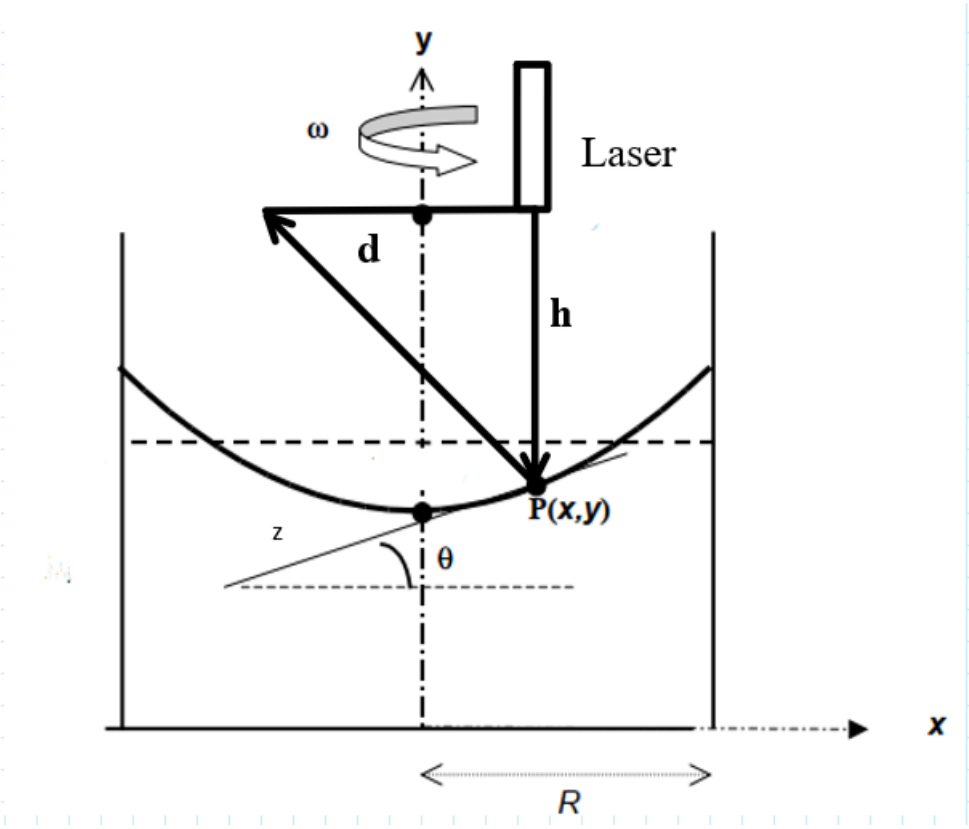

Figure 3

A	Suppose the bucket has ω angular velocity. Find the slope of the cross-section when the distance from the center of the bucket is x. Consider the horizontal and vertical components of the forces acting on a small packet of water, a distance x from the center of the bucket. ধরো, বালতির কৌণিক বেগ ω। বালতির কেন্দ্র থেকে x দূরত্বে প্রস্থচ্ছেদের ঢাল বের করো। বালতির কেন্দ্র থেকে x দূরত্বে পানির একটি ক্ষুদ্র অংশের উপর প্রযুক্ত বলগুলোর আনুভূমিক ও উল্লম্ব উপাংশগুলো নিয়ে চিন্তা করতে পারো।	1 pts

The height of the water surface will remain constant when $x = \frac{R}{\sqrt{2}}$, where R is the radius of the bucket. This is the condition of maintaining a constant column. This provides us with a stable point to measure slope.

$x = \frac{R}{\sqrt{2}}$ হলে, যেখানে R হলো বালতির ব্যাসার্ধ, পানির উপরিতলের উচ্চতা ধ্রুব থাকে। এটি হচ্ছে ধ্রুব আয়তন বজায় রাখার শর্ত। এখান

থেকে আমরা ঢাল বের করার একটি সুস্থির বিন্দু পাই।

Now, consider a laser placed at h height directly above the point is emitting a beam vertically downwards. After reflection, it reaches the height of the laser with d horizontal distance from the source. We can get the slope from the values of d and h. And ω can be measured by finding the time it takes to rotate 20 times. These data are tabulated below, here $h = 13$ cm , $R = 7.25$ cm

এখন ধরো বিন্দুটি থেকে সোজা h উচ্চতা উপরে রাখা একটি লেজার উল্লম্বভাবে নিচের দিকে আলোকরশ্মি নিঃসরণ করছে। প্রতিফলনের পর, রশ্মিটি উৎস থেকে আনুভূমিকভাবে d দূরত্বে, লেজারের উচ্চতায় গিয়ে পৌঁছায়। আমরা d এবং h এর মান থেকে ঢাল বের করতে পারি। আর এটির 20 বার ঘূর্ণনের জন্য যেই সময় প্রয়োজন, সেটি ব্যবহার করে ω এর মান বের করা যাবে। নিচের টেবিলে এই ডেটা গুলো দেওয়া হলো, এখানে $h = 13$ cm , $R = 7.25$ cm

20T (s)	42.68	31.6	28.44	23.98	23.48	20.9	19.8	18.8	18.16	16.78
d (mm)	11	20	26	30	40	51	56	65	70	85

B	Using these data, draw an appropriate linear graph and calculate the value of g. ডেটা গুলো ব্যবহার করে, একটি যথাযথ রৈখিক গ্রাফ (linear graph) আঁকো এবং g এর মান বের করো।	4.5 pts

C	Find out the relative error of your result using the reference value. প্রদত্ত আর্দশ মান ব্যবহার করে, তোমার পাওয়া মানের আপেক্ষিক ত্রুটি হিসাব করো।	0.5 pts