

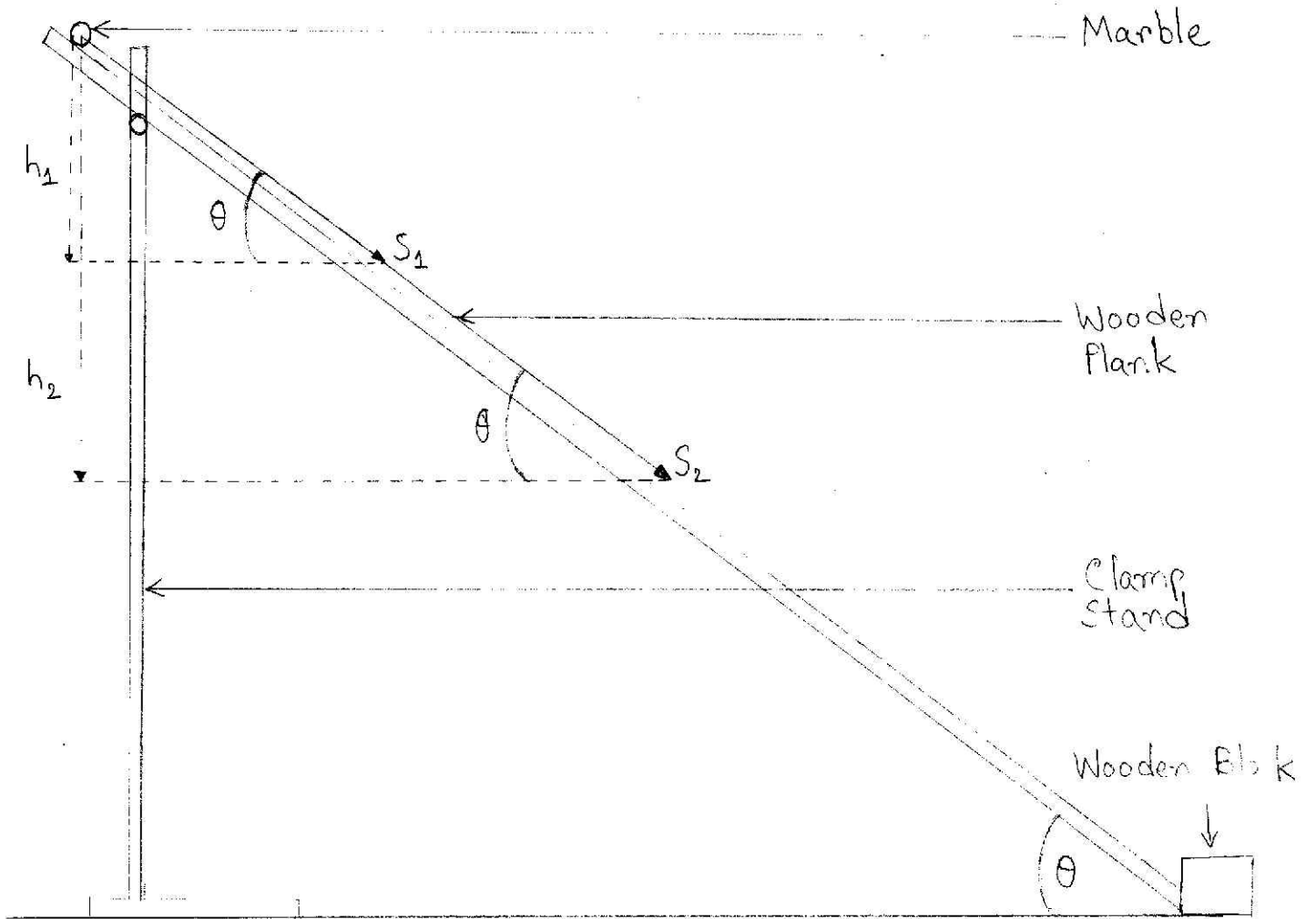
Name of the Experiment আনত তলে গড়িয়ে পড়া মার্বেলের
গতি পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে গ্যানিলিওর মুক্তভাবে পতনশীল বস্তু
সম্বন্ধিত সূত্রসমূহের প্রায়োগিক সত্যতা যাচাই

DATE.....

PAGE NO.

EXPT. NO.

Figure No



চিত্র : আনল তল

তত্ত্ব (Theory): গ্যালিলিও মুক্তভাবে পতনশীল বস্তু গতি পর্যবেক্ষণ করে তিনটি সূত্র প্রদান করেন -

১ম সূত্র: একই উচ্চতা ও স্থির অবস্থা থেকে মুক্তভাবে পতিত সকল বস্তু সমান সময় ব্যবধানে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে।

২য় সূত্র: কোনো বস্তু স্থির অবস্থা থেকে মুক্তভাবে পতিত হলে, নির্দিষ্ট সময়ে অর্জিত বেগ অর্জনে সময় ব্যবধির সমানুপাতিক।

৩য় সূত্র: কোনো বস্তু স্থির অবস্থা থেকে মুক্তভাবে পতিত হলে, নির্দিষ্ট সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব অতিক্রম প্রয়োজনীয় সময় ব্যবধির বর্গের সমানুপাতিক।

ধরা যাক, কোনো বস্তু স্থির অবস্থা থেকে মুক্তভাবে পতিত হয়ে সময় t -এ h দূরত্ব অতিক্রম করেছে। গ্যালিলিওর তৃতীয় সূত্র অনুসারে -

$$h \propto t^2$$

$$\text{বা, } h = kt^2$$

যেখানে, k হলো সমানুপাত ধ্রুবক।

যদি মুক্তভাবে পতিত বস্তু t_1, t_2, \dots, t_n যথাক্রমে h_1, h_2, \dots, h_n দূরত্ব অতিক্রম করে, তবে গ্যালিলিওর তৃতীয় সূত্র অনুযায়ী -

$$\frac{h_1}{t_1^2} = \frac{h_2}{t_2^2} = \dots = \frac{h_n}{t_n^2} = k$$

ধরা যাক, একটি বস্তুটির তত্ত্ব অনুভূমিকের সাথে θ কোণে ঢাল রাখা হয়েছে।

মার্বেলটি তত্ত্বের উপরের প্রান্ত থেকে ছেড়ে দিলে, তা ক্রমে নিচের দিকে গড়িয়ে পড়বে। যদি মার্বেলটি সময় t_1 ও t_2 তে যথাক্রমে s_1 ও s_2 দূরত্ব অতিক্রম করে

এবং সংশ্লিষ্ট উল্লম্ব সরণ হয় h_1 ও h_2 , তবে -

$$h_1 = s_1 \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$

$$h_2 = s_2 \sin \theta \dots \dots \dots (2)$$

(2) \div (1) করলে -

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{s_2}{s_1}$$

অতএব,

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$$

অথবা,

$$s \propto t^2$$

অতএব, যদি পরীক্ষার মাধ্যমে দেখা যায় যে মার্বেলের অতিক্রান্ত দূরত্ব s সময় t -এর বর্গের সাথে সমানুপাতিক, তবে আমরা গ্যালিলিওর তৃতীয় সূত্রকে প্রায়োগিকভাবে

প্রমাণ করতে পারি।

ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি (Instrument):

১। একটি মসৃণ কাঠের তক্তা ২। মিটার স্কেল ৩। থামা দড়ি ৪। বিভিন্ন আকারের মাৰ্বেল ৫। ক্র্যাম্প স্ট্যান্ড ৬। কণার ব্রক

কাজের ধারা (Working Procedure):

১। প্রথমে একটি মসৃণ ও সমতল কাঠের তক্তার দৈর্ঘ্য মিটার স্কেল দ্বারা মাপে প্রতি 0.25m অন্তর চিহ্নিত করা হয়। তারপর ক্র্যাম্প স্ট্যান্ডের সাহায্যে তক্তাটির অনুদ্রমিকের সাথে একটি নির্দিষ্ট কোণে ($< 30^\circ$) ঢালু করা হয়।

২। দুটি ভিন্ন আকারের মাৰ্বেল একই বিন্দু থেকে একসাথে ছেড়ে দেওয়া হয়। যদি তারা একসাথে নিচে পৌঁছে, তবে এটি গ্যালিলিওর প্রথম সূত্র যাচাই করে।

৩। এরপর একটি মাৰ্বেল সবচেয়ে কাছের দাগ থেকে ছাড়া হয় এবং wooden block - এ আঘাত করতে যত সময় লাগে, থামা দড়ির সাহায্যে তা রেকর্ড করা হয়। প্রক্রিয়াটি তিনবার পুনরাবৃত্তি করে মাৰ্বেলটির দাগ থেকে s_1 দূরত্ব অতিক্রম করতে t_1, t_2, t_3 সময়গুলো রেকর্ড করা হয় এবং তাদের গড় সময় t_1 নির্ণয় করা হয়।

৪। তৃতীয় ধাপটি পরবর্তী দূরত্বের দাগগুলির জন্য পুনরাবৃত্তি করা হয়, অর্থাৎ $s_2 < s_3 < \dots$ যতক্ষণ না শেষ দাগ পর্যন্ত পৌঁছে।

৫। এখন, গতির দ্বিতীয় সমীকরণ $s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$ ব্যবহার করা হয় যেখানে $u = 0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, মাৰ্বেলের সরণ ও t পরস্পরে নির্ণিত গড় সময়। সমীকরণ থেকে শেষ বেগ v নির্ণয় করা হয়। এরপর দুটি নৈখিক অঙ্কন করা হয় - i) v বনাম t এবং ii) s বনাম t^2

পর্যবেক্ষণ (Observation):

উপাত্ত সারণি : বিভিন্ন সরণের (s) জন্য গড় সময় (\bar{t}) ও দ্রুতত বেগ (v) নির্ণয় :

পর্যবেক্ষণ নং	গাড়িয়ে পড়া মার্কেনের সরণ s (m)	থামা ঘড়ি থেকে প্রাপ্ত সময় ব্যবধি			গড় সময় ব্যবধি $\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$ (s)	গড় বেগ $\bar{v} = \frac{s}{\bar{t}}$ (m.s ⁻¹)	জ্যেষ্ঠ বেগ $v = 2 \times \bar{v}$ (m.s ⁻¹)	t^2 (sec ²)	$\frac{s}{t^2}$ (m.s ⁻²)
		t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)					
1	0.8	1.40	1.45	1.53	1.46	0.548	1.096	2.1316	0.375
2	0.9	1.56	1.66	1.56	1.593	0.565	1.13	2.5376	0.3546
3	1.0	1.86	1.8	1.78	1.813	0.5515	1.103	3.287	0.304
4	1.1	2.00	1.80	1.90	1.9	0.579	1.158	3.61	0.3047
5	1.2	2.28	2.1	2.05	2.143	0.56	1.12	5.82	0.206

হিসাব (Calculation):

১ম পর্যবেক্ষণ থেকে, গড় সময়, $\bar{t}_1 = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{1.4 + 1.45 + 1.53}{3}$

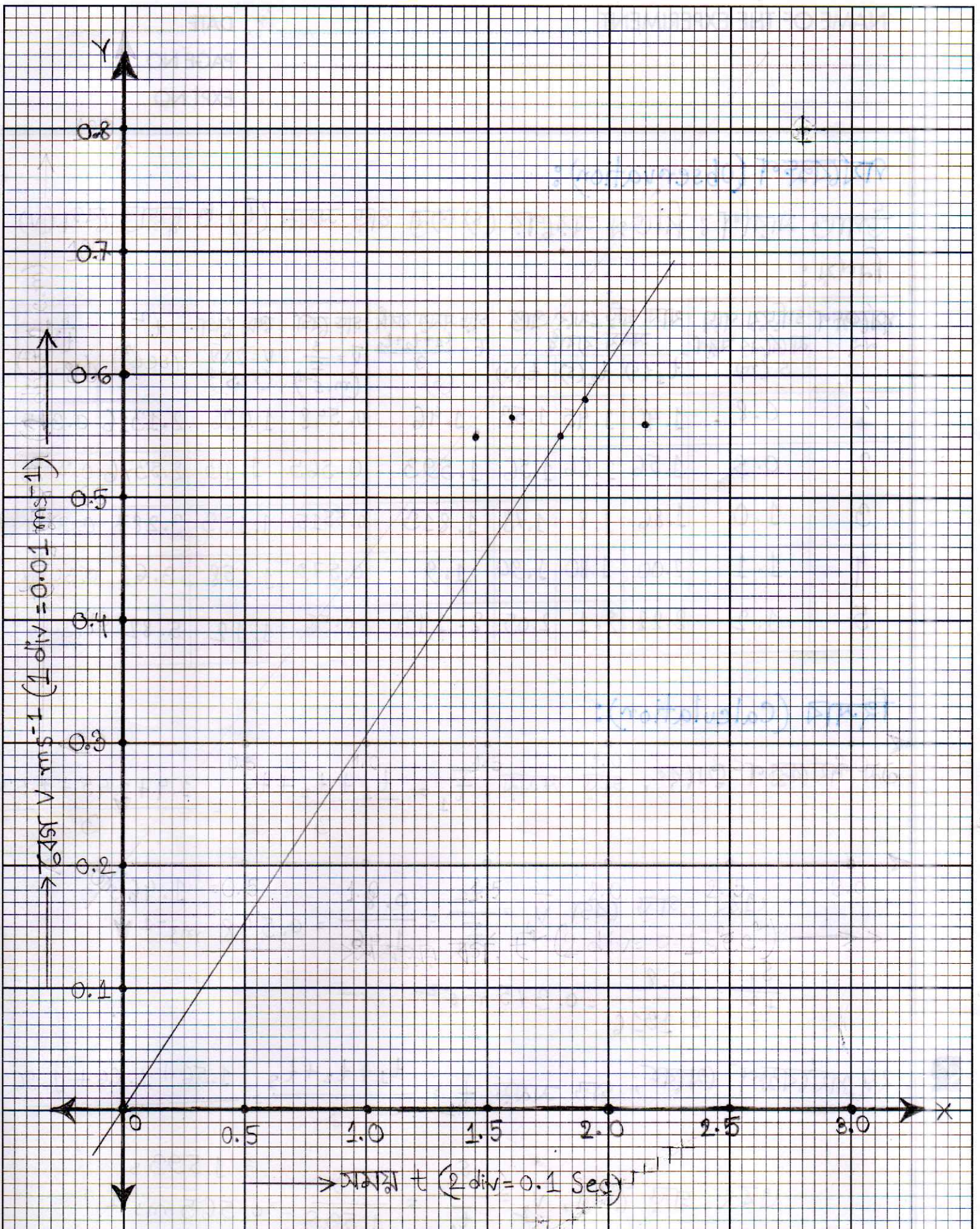
এবং গড় বেগ, $\bar{v}_1 = \frac{s_1}{\bar{t}_1} = \frac{0.8}{1.46} = 0.548 \text{ ms}^{-1}$

$\frac{s_1}{t_1^2} = \frac{0.8}{2.1316} = 0.375 \text{ ms}^{-2}$

২য় পর্যবেক্ষণ থেকে, গড় সময়, $\bar{t}_2 = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{1.56 + 1.66 + 1.56}{3}$

এবং গড় বেগ, $\bar{v}_2 = \frac{s_2}{\bar{t}_2} = \frac{0.9}{1.593} = 0.565 \text{ ms}^{-1}$

$\frac{s_2}{t_2^2} = \frac{0.8}{2.5376} = 0.3546 \text{ ms}^{-2}$



বেগ বনাম সময় (v-t) লেখচিত্র

৩য় পর্যবেক্ষণ থেকে, গড় সময়, $\bar{t}_3 = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{1.86 + 1.8 + 1.78}{3}$

$$= 1.813 \text{ s}$$

এবং গড় বেগ, $\bar{v}_3 = \frac{S_3}{\bar{t}_3} = \frac{1}{1.813} = 0.5515 \text{ ms}^{-1}$

$$\frac{S_3}{t_3^2} = \frac{1}{3.287} = 0.304 \text{ ms}^{-2}$$

৪র্থ পর্যবেক্ষণ থেকে, গড় সময়, $\bar{t}_4 = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{2 + 1.8 + 1.9}{3}$

$$= 1.9 \text{ s}$$

এবং গড় বেগ, $\bar{v}_4 = \frac{S_4}{\bar{t}_4} = \frac{1.1}{1.9} = 0.579 \text{ ms}^{-1}$

$$\frac{S_4}{t_4^2} = \frac{1.1}{3.61} = 0.3047 \text{ ms}^{-2}$$

৫ম পর্যবেক্ষণ থেকে, গড় সময়, $\bar{t}_5 = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{2.28 + 2.1 + 2.05}{3}$

$$= 2.143 \text{ s}$$

এবং গড় বেগ, $\bar{v}_5 = \frac{S_5}{\bar{t}_5} = \frac{1.2}{2.143} = 0.56 \text{ ms}^{-1}$

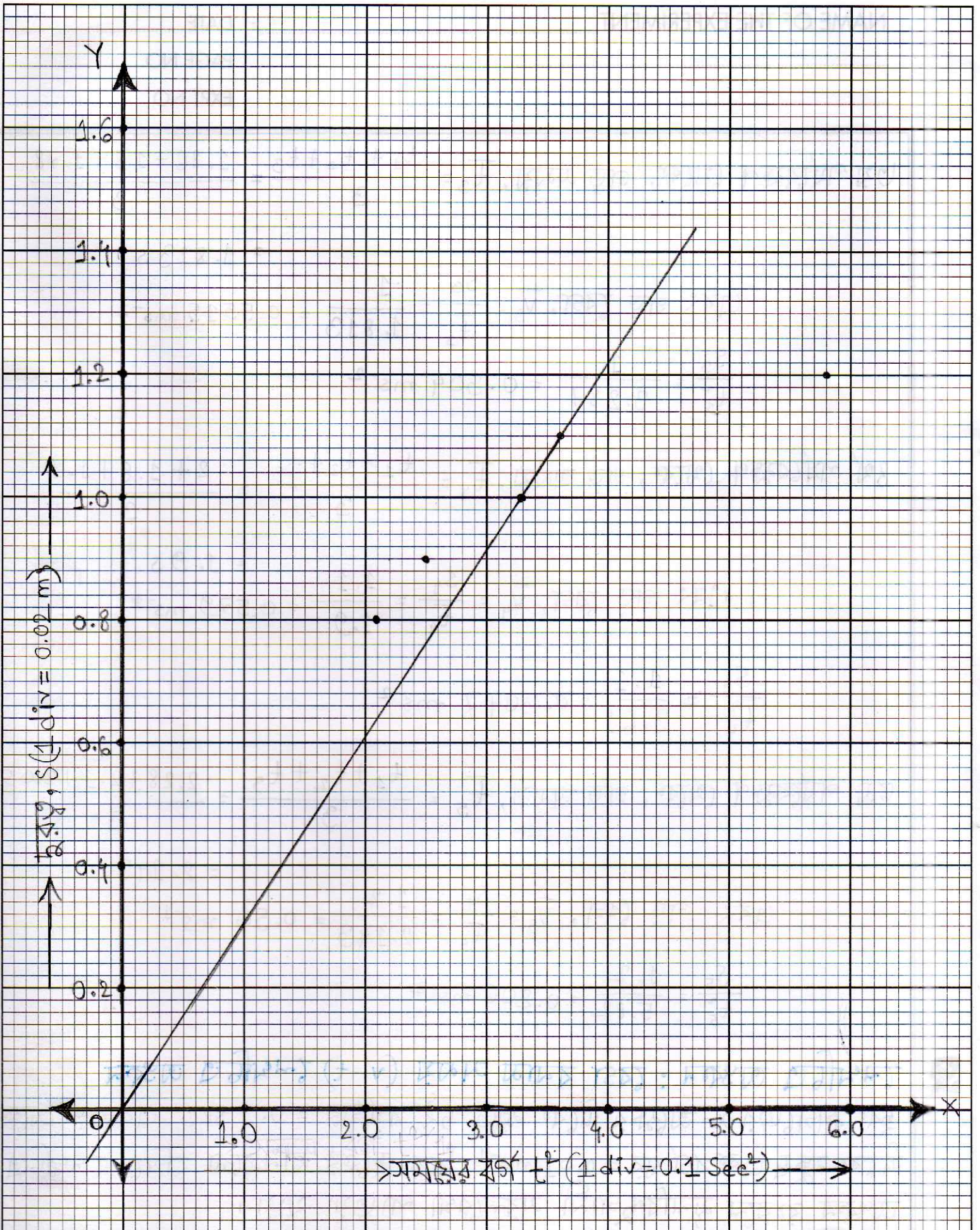
$$\frac{S_5}{t_5^2} = \frac{1.2}{5.82} = 0.206 \text{ ms}^{-2}$$

SR

নেখটিও অঙ্কন : বেগ বনাম সময় (v-t) নেখটিও অঙ্কন

ছব কাগজের x-অক্ষের দিবে ক্ষুদ্র ছুঁই বর্গ ঘর = 0.1 sec এবং y-অক্ষের দিবে ক্ষুদ্র এক বর্গ ঘর = 0.01 ms⁻¹ ধরে ছবের মানগুলো বসিয়ে নেখটিও অঙ্কন করলে মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়।

FIGURE NO



দূরত্ব বনাম সময়ের বর্গ ($s-t^2$) লেন্থচিত্র

8 inch × 10 inch

লেন্থটিভ অঙ্কন : দূরত্ব বনাম সময়ের বর্গ ($s-t^2$) লেন্থটিভ অঙ্কন :

ছব্ব কাগজের x -অক্ষের দিকে প্রতি ক্ষুদ্র বর্গ দূর = 0.1 sec^2 বা 10 ঘর = 1 sec
 এবং y -অক্ষের দিকে প্রতি ক্ষুদ্র বর্গ দূর = 0.02 m বা 10 ঘর = 0.2 m ধরে
 ছব্বের মানগুলো বসিয়ে লেন্থটিভ অঙ্কন করলে মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়।

ফলাফল (Result) :

1. বিভিন্ন আকর্ষণের মার্বেল একসঙ্গে ছাড়া হলে তারা তক্তার উপর প্রান্তে একই সঙ্গে পৌঁছায়, যা প্রথম সূত্র যাচাই করে।
2. v vs t লেন্থ মূল বিন্দুগামী সরলরেখা, যা দ্বিতীয় সূত্র যাচাই করে।
3. s vs t^2 লেন্থ মূল বিন্দুগামী সরলরেখা, যা তৃতীয় সূত্র যাচাই করে।

ফলাফলের ব্যাখ্যা (Result Analysis) : অং গ্রহীত তথ্য বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, মার্বেল যত দূরবর্তী অবস্থান থেকে ছাড়া হয়েছে, তার ছড়ানু বেগ তত বৃদ্ধি পেয়েছে। গাণিতিকভাবে, মার্বেলের ত্বরণ $a = g \cdot \sin \theta$ । অর্থাৎ, ত্বরণ নির্ভর করে পরীক্ষার স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ এবং তক্তা যে কোণে আনত θ এর উপর। যেহেতু মার্বেল সমত্বরণে গড়াচ্ছিল, তাই সরণ বৃদ্ধির সঙ্গে গড় বেগও বৃদ্ধি পেয়েছে। যদিও যতটা সম্ভব মসৃণ তক্তা ব্যবহৃত হয়েছে, তবুও ঘর্ষণ বল গণনায় বিবেচন করা হয়নি।

সতর্কতা (Precaution) :

- ১। সময় ব্যবধি খুব সতর্কতার সঙ্গে খাম্বা ঘড়ি থেকে নির্ধারণ করা হয়েছে।
- ২। তক্তার ঢাল কম রাখা হয়েছে যাতে ত্বরণের মান যথাসম্ভব কম থাকে।
- ৩। মার্বেলটি ছাড়ার সময় হাতে বা আঙ্গুলে অতিরিক্ত বল প্রয়োগ করা হয়নি।
- ৪। যতটা সম্ভব মসৃণ ও সমতল তক্তা ব্যবহার করা হয়েছে যাতে ঘর্ষণ কম হয়।
- ৫। তক্তা স্থাপন করার সময় এর প্রস্থ বরাবর সমতলতা নিশ্চিত করা হয়েছে।
- ৬। উপাও সংগ্রহে ত্রুটি কমানোর জন্য প্রতিটি পর্যবেক্ষণে একাধিক পার্স নেওয়া হয়েছে।
- ৭। মার্বেল গড়ানোর সময় তা তক্তার ঠোঁটের সমান্তরাল ছিল তা নিশ্চিত করা হয়েছে।

Name of the Experiment.....

DATE.....

PAGE NO.

EXPT. NO.

- ৮। প্রতিটি মার্বেল আনত তলের মাঝে একই বিন্দু থেকে ছাড়তে হবে।
৯। পরীক্ষণীয় স্থানে বাতাসের বাধা যাতে মার্বেল পতনে বাধার সৃষ্টি করতে না পারে সে দিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।

আলোচনা (Discussion): হেলানো তলের দৈর্ঘ্য সঠিকভাবে পরিমাপ করে নেওয়া হয় এবং ০.২৫ম পর পর দাগগুলো ভালোমতো স্পর্শ করে দেওয়া হয়। হেলানো তল যেন মসৃণ হয় এবং উল্লম্বভাবে খাড়া খাঁড় কাটা স্তম্ভের উপর সঠিকভাবে বসানো থাকে সেদিকে অবশ্যই লক্ষ রাখা হয়। পরীক্ষার যন্ত্রপাতির ব্যবহার ও সকল কার্যক্রম সঠিকভাবে করতে পারলে পড়ন্ত বস্তুর গ্যালিলিও সূত্র আনত সঠিকভাবে নির্ণয় করা যেত। এছাড়া আনত তলের দৈর্ঘ্য জমিত বাধার কারণে পরীক্ষণ লব্ধ ফলাফলে সামান্য ত্রুটি থাকতে পারে। উক্ত পরীক্ষায় যন্ত্রপাতির ব্যবহার ও অন্য সকল কার্যক্রম সঠিকভাবে সম্পূর্ণ করা হয়েছে বলে প্রতীয়মান হয়। সুতরাং উক্ত পরীক্ষায় গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রাবলি যাচাই করা হলো।