

重力加速度測定生徒実験のまとめ・考察

2017.10.11

1. 生徒実験項目

- ①鉛直落下物体の速度と時間をArduinoに接続した4つのフォトセンサを使って測定し、PCでリアルタイムに重力加速度の値を表示する。
- ②鉛直落下物体の速度を2カ所のBeeSpiで測定する。
- ③鉛直落下物体の落下位置を記録タイマーを使って測定する。
- ④単振り子の落下運動の速度をBeeSpiで測定する。
- ⑤斜面を転がる球体の速度をBeeSpiで測定する。
- ⑥単振り子の周期をストップウォッチで測定する。
- ⑦バネのバネ定数を求め、バネ振り子の周期をストップウォッチで測定する。
- ⑧鉛直落下物体の運動を高速度カメラで撮影し、画像から位置を測定する。

2. 各班の実験データの統計処理結果

一つの実験に対して各班原則3回の測定を行った。

一つの実験に対して4班が行った。(班の構成は3から4人、全部で8班)

測定値の間違いを補正して統計処理をした。明らかな間違いは除外してある。

実験番号	平均値 m/s^2	誤差 %	標準偏差	変動係数 $\times 100$ %	総実験数
1	9.65	-1.56	0.191	2.0	12
2	9.56	-2.48	0.210	2.2	12
3	9.46	-3.50	0.462	4.9	9
4	9.16	-6.49	0.321	3.5	12
5	9.44	-3.72	0.340	3.6	12
6	9.85	0.54	0.471	4.8	11
7	9.85	0.54	0.238	2.4	12
8	9.63	-1.71	0.605	6.3	4

3. 実験結果の評価・改善事項

事前説明1時間、1時間で2つの実験を2回実施、まとめ1時間という制約の中で、上記に示すようにかなり良い実験結果が得られた。

機器の扱いや細かい数値の読み取りについてあまり慣れていない所もあるが、生徒は真剣に行い総じてよい結果になった。

ストップウォッチを使った6番と7番の実験に於いては、10回測定するところを9回測ったところが2班ほどあった。ストップウォッチを押したときがカウント0(ゼロ)、次が1であるが、事前に何回も注意しておいたけれどやはり実際にやるときに間違えてしまいやすいようである。

①について

装置さえ組み立ててしまえば、実験はすぐに完了するので生徒にとってはやりやすく、直感的にも分かりやすい。装置がきちんと鉛直下向きでないと誤差が出やすいが、そこを注意するともう少しよい値が出る。

②について

①と同じく装置の傾きを無くすと誤差が小さくなる。落下物体を下向きに押したのが誤差につながったのではないかと考えた班があったが、原理をもう少し説明できればよかった。

③について

昔から行われてる方法であるが、紙テープが波打って落ちたり、紙と空気や装置のガイドとの摩擦によって重力加速度の値が小さくなる。また、測定値のばらつきも大きくなる。8種類の実験の中では一番時間がかかった。

④について

平均値が 9.16m/s^2 、誤差が6.5%、標準偏差も0.321とあまり芳しくない結果になった。落下位置を正確に設定しづらかったことが一つの原因であると考えられる。

⑤について

生徒も指摘しているように、板の表面の均一性が誤差に影響を与えていると考えられる。落下位置を正確に設定することも大切である。

⑥について

生徒実験でも示されたように、振り子の振幅を大きくしなければよい値が得られるが、ストップウォッチを押すタイミングが難しいのか、標準偏差が大きくなっている。事前の練習が必要である。

⑦について

この実験は時間測定に気をつけなければいけないが、装置も簡単であり誤差や標準偏差も小さく、重力加速度を求める実験としてもっと取り入れてもよいと思う。おもりを付けていないときの長さが基準の長さ（グラフの原点を通る位置）にならないことには注意が必要である。この辺の計算は少し複雑であるので、自動的にグラフや重力加速度の値が出るように、Excelを使って自動化した。このことは短時間で結果を得るにはよい方法である。計算処理が出来ることも大事ではあるが、正確に測定することによって満足できる結果が簡単に得られることも大事である。

⑧について

画面から物体の位置を読み取りにくい。もう少しスケールが目盛りがはっきり写る工夫が必要である。班によっては、mm単位まで読み取らなかったところがあった。また、画面をとばして読んでしまったところもあった。（Excelのグラフ表示では読み取らなかった部分のセルの値を空白にして処理してもグラフを描いてくれる）

全体を通して、原理や計算式、装置の細部に渡る注意点などの説明がもう少し必要であった。

4. 生徒の班内での討議事項

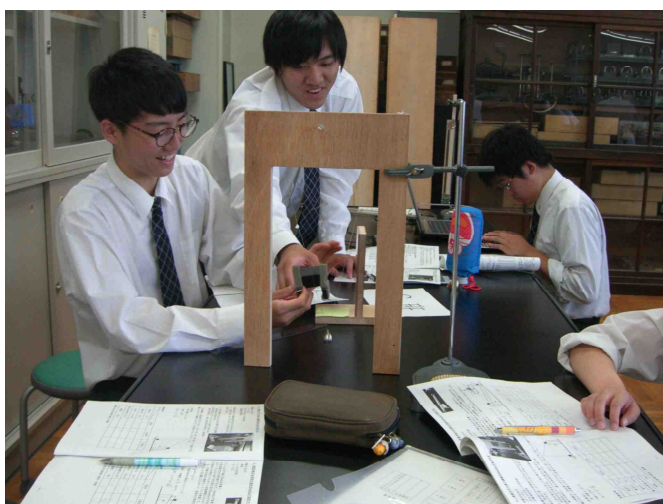
生徒は以下の点について検討した。

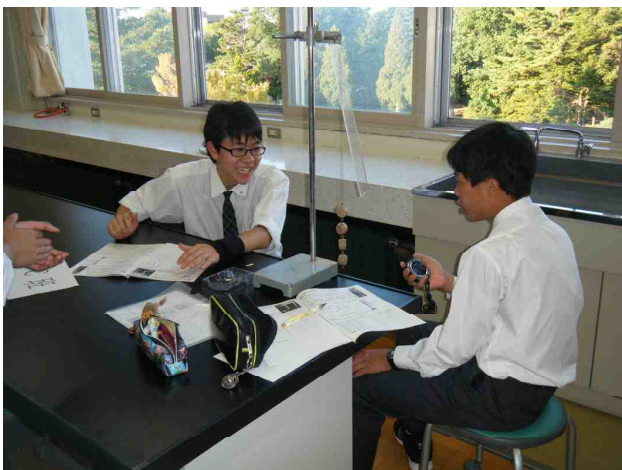
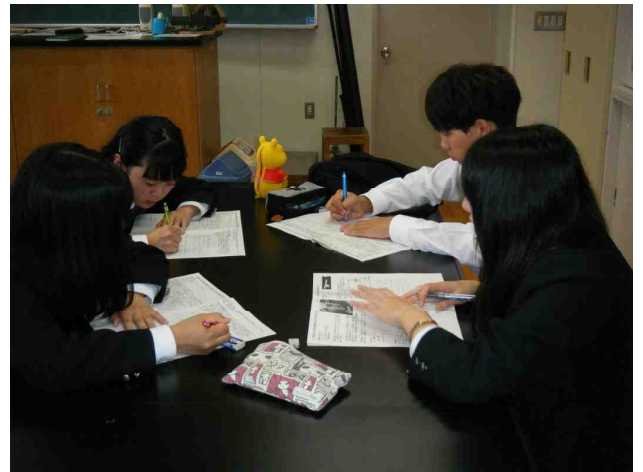
- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

最終頁の生徒レポート（各班で一番分かりやすく書いてあるもの各1枚）参照

- ・生徒のまとめの時間の様子を見てみると、普段あまりお互いに協議しながら検討していくことが少ないと思うが、今回はどの班も一定の時間をかけて行っていた。生徒のまとめ・感想・考察を読んでもそのことがよく分かる。
- ・誤差の原因について、それぞれの班で充分検討を加えていた。
- ・重力加速度の測定方法について様々あることが理解できたようである。
- ・短い実験の授業ではあったが、この実験について興味や関心を持ったことが伺える。
- ・誤差をパーセンテージで表示するようにExcelで設定してあるので、直感的に把握することが出来たようである。
- ・Excelに測定値を入力するとグラフや計算値が自動的に表示されるように設定してあるが、この便利さが理解できたようである。
- ・正確な測定値を得るには、他の人と協力したり、注意深く操作しないといけないことがある程度身に付いているようである。

授業中の様子





生徒レポート

(各班から1枚抽出)

【レポート】

全部で2時間の実験、合計4種類の重力加速度の測定実験を行った。それ特徴、測定値の比較検討を行う。

A

班内での討議事項

- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

- ①測定装置による摩擦による重力加速度に誤差が出た。
→摩擦をいかに減らすか。
- ②摩擦がないようにするのは難しいことだと思う。1回目と2回目連続でそれぞれ少しだけ違ったので上手くいかなかった。
- ③なし
- ①摩擦、空気抵抗、影響を受け重力加速度に誤差が出た。
→空気抵抗は対策するのは難しいが摩擦は工夫したら改善するかもしれない。
- ②1.5mの鉄棒と摩擦をなくすのは難しい。
- ③なし
- ①h2.0m地点からボールを落とす。9イン치가上まわって誤差があった。
→9インチの高さを測る。
- ②正確さを高く測定する。
- ③なし
- ①鉄球と板との間に摩擦が起きる。
→実験を小さくして鉄球と板との摩擦を減らすかもしれない。
- ②3回と測定、誤差が小さく、鉄球と板との関係があるかもしれない。
- ③なし

- 10 -

【レポート】

全部で2時間の実験、合計4種類の重力加速度の測定実験を行った。それ特徴、測定値の比較検討を行う。

B

班内での討議事項

- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

- ①口に出して、複数の人と計測すれば測り間違いが
無くなると思う。「1,2,3...」と口に出すと、皆で計れる。
振り子の周期(回数)の数え方を最初に確認してから
実験すると良いと思う。(実験6,7)
- ②実験3では、記録タイマーに紙を通すと、必ず通らないと
誤った値が出るのかもしれない。点と点の間(紙テープ)の長
さを計るときも、定規も点に合わせるのではなく、一直線の
上にある点があるようにばらなければいけない。(テープと定規に)
- ③実験6では、振り子と振り始める位置に気を付ける。
実験3では、紙テープに、実際に点の対応する数字も書くこと良
いと思う。また、計り方も勘違いしてはいけないので気を
付ける。

- 10 -

【レポート】

全部で2時間の実験、合計4種類の重力加速度の測定実験を行った。それ特徴、測定値の比較検討を行う。

C

班内での討議事項

- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

- ①落下の向きや高さなどのスピードの違いから誤差が出たと思う。
空気抵抗の向きや何れかの方向に動いてしまった。
- ②実験では上手く下に落ちるが、難しい。落下の時に、ぶつかるとも
あるから、値がずれてしまっているかもしれない。
- ③実験は鉄棒を入れた1.5mの高さから落とすことができた。
- ④鉄棒が小さいと思う。しかし、誤差が大きいのは空気抵抗が原因だ。テープは
ないから、高さの誤差は大きい。
- ⑤実験1は、バースにボールと振り子の重りを通すのが大変だった。
- ⑥実験7は、9.8m/s²と比べて、差が出てきたと思う。
- ⑦実験10は、レベルの調整で、高さが一定だったから、似たような値が出たと思う。
- ⑧1,2,4,5の実験の中で、一番誤差が出たのは、
一番小さい実験だと思う。
- ⑨落下の機会がなかったら、誤差が大きい。ボールの落下の位置を、
いかに正確にする。
- ⑩回数を増やして、平均的な値を出すことは必要だと思う。
- ⑪落下の値を出すことも必要だと思う。

- 10 -

【レポート】

全部で2時間の実験、合計4種類の重力加速度の測定実験を行った。それ特徴、測定値の比較検討を行う。

D

班内での討議事項

- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

- ①実験3では、あてて、少し適当になっていたことや、紙
が長かったことや、増える点が変わらなかった。
- ②実験6では、ストップウォッチの押すタイミングがおそろい、
リ幅を大きくして、空気抵抗を減らすように考えた。
- ③実験7では、ストップウォッチのタイミングがおそろい、表
に3秒と、1秒点までの秒数をきいた。1.5mで、おそろいだった。
- ④実験8では、うまくできた。
- ⑤実験9では、鉄球をおとすのが、測定の
邪魔なように思われたので、2.5mから
なすと思う。実験3では、紙を使うということだったが、
点をとるだけでも考えられる。
- ⑥今、①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿㏀㏁㏂㏃㏄㏅㏆㏇㏈㏉㏊㏋㏌㏍㏎㏏㏐㏑㏒㏓㏔㏕㏖㏗㏘㏙㏚㏛㏜㏝㏞㏟㏠㏡㏢㏣㏤㏥㏦㏧㏨㏩㏪㏫㏬㏭㏮㏯㏰㏱㏲㏳㏴㏵㏶㏷㏸㏹㏺㏻㏼㏽㏾㏿㐀㐁㐂㐃㐄㐅㐆㐇㐈㐉㐊㐋㐌㐍㐎㐏㐐㐑㐒㐓㐔㐕㐖㐗㐘㐙㐚㐛㐜㐝㐞㐟㐠㐡㐢㐣㐤㐥㐦㐧㐨㐩㐪㐫㐬㐭㐮㐯㐰㐱㐲㐳㐴㐵㐶㐷㐸㐹㐺㐻㐼㐽㐾㐿㑀㑁㑂㑃㑄㑅㑆㑇㑈㑉㑊㑋㑌㑍㑎㑏㑐㑑㑒㑓㑔㑕㑖㑗㑘㑙㑚㑛㑜㑝㑞㑟㑠㑡㑢㑣㑤㑥㑦㑧㑨㑩㑪㑫㑬㑭㑮㑯㑰㑱㑲㑳㑴㑵㑶㑷㑸㑹㑺㑻㑼㑽㑾㑿㒀㒁㒂㒃㒄㒅㒆㒇㒈㒉㒊㒋㒌㒍㒎㒏㒐㒑㒒㒓㒔㒕㒖㒗㒘㒙㒚㒛㒜㒝㒞㒟㒠㒡㒢㒣㒤㒥㒦㒧㒨㒩㒪㒫㒬㒭㒮㒯㒰㒱㒲㒳㒴㒵㒶㒷㒸㒹㒺㒻㒼㒽㒾㒿㓀㓁㓂㓃㓄㓅㓆㓇㓈㓉㓊㓋㓌㓍㓎㓏㓐㓑㓒㓓㓔㓕㓖㓗㓘㓙㓚㓛㓜㓝㓞㓟㓠㓡㓢㓣㓤㓥㓦㓧㓨㓩㓪㓫㓬㓭㓮㓯㓰㓱㓲㓳㓴㓵㓶㓷㓸㓹㓺㓻㓼㓽㓾㓿㔀㔁㔂㔃㔄㔅㔆㔇㔈㔉㔊㔋㔌㔍㔎㔏㔐㔑㔒㔓㔔㔕㔖㔗㔘㔙㔚㔛㔜㔝㔞㔟㔠㔡㔢㔣㔤㔥㔦㔧㔨㔩㔪㔫㔬㔭㔮㔯㔰㔱㔲㔳㔴㔵㔶㔷㔸㔹㔺㔻㔼㔽㔾㔿㕀㕁㕂㕃㕄㕅㕆㕇㕈㕉㕊㕋㕌㕍㕎㕏㕐㕑㕒㕓㕔㕕㕖㕗㕘㕙㕚㕛㕜㕝㕞㕟㕠㕡㕢㕣㕤㕥㕦㕧㕨㕩㕪㕫㕬㕭㕮㕯㕰㕱㕲㕳㕴㕵㕶㕷㕸㕹㕺㕻㕼㕽㕾㕿㖀㖁㖂㖃㖄㖅㖆㖇㖈㖉㖊㖋㖌㖍㖎㖏㖐㖑㖒㖓㖔㖕㖖㖗㖘㖙㖚㖛㖜㖝㖞㖟㖠㖡㖢㖣㖤㖥㖦㖧㖨㖩㖪㖫㖬㖭㖮㖯㖰㖱㖲㖳㖴㖵㖶㖷㖸㖹㖺㖻㖼㖽㖾㖿㗀㗁㗂㗃㗄㗅㗆㗇㗈㗉㗊㗋㗌㗍㗎㗏㗐㗑㗒㗓㗔㗕㗖㗗㗘㗙㗚㗛㗜㗝㗞㗟㗠㗡㗢㗣㗤㗥㗦㗧㗨㗩㗪㗫㗬㗭㗮㗯㗰㗱㗲㗳㗴㗵㗶㗷㗸㗹㗺㗻㗼㗽㗾㗿㘀㘁㘂㘃㘄㘅㘆㘇㘈㘉㘊㘋㘌㘍㘎㘏㘐㘑㘒㘓㘔㘕㘖㘗㘘㘙㘚㘛㘜㘝㘞㘟㘠㘡㘢㘣㘤㘥㘦㘧㘨㘩㘪㘫㘬㘭㘮㘯㘰㘱㘲㘳㘴㘵㘶㘷㘸㘹㘺㘻㘼㘽㘾㘿㙀㙁㙂㙃㙄㙅㙆㙇㙈㙉㙊㙋㙌㙍㙎㙏㙐㙑㙒㙓㙔㙕㙖㙗㙘㙙㙚㙛㙜㙝㙞㙟㙠㙡㙢㙣㙤㙥㙦㙧㙨㙩㙪㙫㙬㙭㙮㙯㙰㙱㙲㙳㙴㙵㙶㙷㙸㙹㙺㙻㙼㙽㙾㙿㚀㚁㚂㚃㚄㚅㚆㚇㚈㚉㚊㚋㚌㚍㚎㚏㚐㚑㚒㚓㚔㚕㚖㚗㚘㚙㚚㚛㚜㚝㚞㚟㚠㚡㚢㚣㚤㚥㚦㚧㚨㚩㚪㚫㚬㚭㚮㚯㚰㚱㚲㚳㚴㚵㚶㚷㚸㚹㚺㚻㚼㚽㚾㚿㜀㜁㜂㜃㜄㜅㜆㜇㜈㜉㜊㜋㜌㜍㜎㜏㜐㜑㜒㜓㜔㜕㜖㜗㜘㜙㜚㜛㜜㜝㜞㜟㜠㜡㜢㜣㜤㜥㜦㜧㜨㜩㜪㜫㜬㜭㜮㜯㜰㜱㜲㜳㜴㜵㜶㜷㜸㜹㜺㜻㜼㜽㜾㜿㝀㝁㝂㝃㝄㝅㝆㝇㝈㝉㝊㝋㝌㝍㝎㝏㝐㝑㝒㝓㝔㝕㝖㝗㝘㝙㝚㝛㝜㝝㝞㝟㝠㝡㝢㝣㝤㝥㝦㝧㝨㝩㝪㝫㝬㝭㝮㝯㝰㝱㝲㝳㝴㝵㝶㝷㝸㝹㝺㝻㝼㝽㝾㝿㞀㞁㞂㞃㞄㞅㞆㞇㞈㞉㞊㞋㞌㞍㞎㞏㞐㞑㞒㞓㞔㞕㞖㞗㞘㞙㞚㞛㞜㞝㞞㞟㞠㞡㞢㞣㞤㞥㞦㞧㞨㞩㞪㞫㞬㞭㞮㞯㞰㞱㞲㞳㞴㞵㞶㞷㞸㞹㞺㞻㞼㞽㞾㞿㟀㟁㟂㟃㟄㟅㟆㟇㟈㟉㟊㟋㟌㟍㟎㟏㟐㟑㟒㟓㟔㟕㟖㟗㟘㟙㟚㟛㟜㟝㟞㟟㟠㟡㟢㟣㟤㟥㟦㟧㟨㟩㟪㟫㟬㟭㟮㟯㟰㟱㟲㟳㟴㟵㟶㟷㟸㟹㟺㟻㟼㟽㟾㟿㠀㠁㠂㠃㠄㠅㠆㠇㠈㠉㠊㠋㠌㠍㠎㠏㠐㠑㠒㠓㠔㠕㠖㠗㠘㠙㠚㠛㠜㠝㠞㠟㠠㠡㠢㠣㠤㠥㠦㠧㠨㠩㠪㠫㠬㠭㠮㠯㠰㠱㠲㠳㠴㠵㠶㠷㠸㠹㠺㠻㠼㠽㠾㠿㡀㡁㡂㡃㡄㡅㡆㡇㡈㡉㡊㡋㡌㡍㡎㡏㡐㡑㡒㡓㡔㡕㡖㡗㡘㡙㡚㡛㡜㡝㡞㡟㡠㡡㡢㡣㡤㡥㡦㡧㡨㡩㡪㡫㡬㡭㡮㡯㡰㡱㡲㡳㡴㡵㡶㡷㡸㡹㡺㡻㡼㡽㡾㡿㢀㢁㢂㢃㢄㢅㢆㢇㢈㢉㢊㢋㢌㢍㢎㢏㢐㢑㢒㢓㢔㢕㢖㢗㢘㢙㢚㢛㢜㢝㢞㢟㢠㢡㢢㢣㢤㢥㢦㢧㢨㢩㢪㢫㢬㢭㢮㢯㢰㢱㢲㢳㢴㢵㢶㢷㢸㢹㢺㢻㢼㢽㢾㢿㣀㣁㣂㣃㣄㣅㣆㣇㣈㣉㣊㣋㣌㣍㣎㣏㣐㣑㣒㣓㣔㣕㣖㣗㣘㣙㣚㣛㣜㣝㣞㣟㣠㣡㣢㣣㣤㣥㣦㣧㣨㣩㣪㣫㣬㣭㣮㣯㣰㣱㣲㣳㣴㣵㣶㣷㣸㣹㣺㣻㣼㣽㣾㣿㤀㤁㤂㤃㤄㤅㤆㤇㤈㤉㤊㤋㤌㤍㤎㤏㤐㤑㤒㤓㤔㤕㤖㤗㤘㤙㤚㤛㤜㤝㤞㤟㤠㤡㤢㤣㤤㤥㤦㤧㤨㤩㤪㤫㤬㤭㤮㤯㤰㤱㤲㤳㤴㤵㤶㤷㤸㤹㤺㤻㤼㤽㤾㤿㥀㥁㥂㥃㥄㥅㥆㥇㥈㥉㥊㥋㥌㥍㥎㥏㥐㥑㥒㥓㥔㥕㥖㥗㥘㥙㥚㥛㥜㥝㥞㥟㥠㥡㥢㥣㥤㥥㥦㥧㥨㥩㥪㥫㥬㥭㥮㥯㥰㥱㥲㥳㥴㥵㥶㥷㥸㥹㥺㥻㥼㥽㥾㥿㦀㦁㦂㦃㦄㦅㦆㦇㦈㦉㦊㦋㦌㦍㦎㦏㦐㦑㦒㦓㦔㦕㦖㦗㦘㦙㦚㦛㦜㦝㦞㦟㦠㦡㦢㦣㦤㦥㦦㦧㦨㦩㦪㦫㦬㦭㦮㦯㦰㦱㦲㦳㦴㦵㦶㦷㦸㦹㦺㦻㦼㦽㦾㦿㧀㧁㧂㧃㧄㧅㧆㧇㧈㧉㧊㧋㧌㧍㧎㧏㧐㧑㧒㧓㧔㧕㧖㧗㧘㧙㧚㧛㧜㧝㧞㧟㧠㧡㧢㧣㧤㧥㧦㧧㧨㧩㧪㧫㧬㧭㧮㧯㧰㧱㧲㧳㧴㧵㧶㧷㧸㧹㧺㧻㧼㧽㧾㧿㨀㨁㨂㨃㨄㨅㨆㨇㨈㨉㨊㨋㨌㨍㨎㨏㨐㨑㨒㨓㨔㨕㨖㨗㨘㨙㨚㨛㨜㨝㨞㨟㨠㨡㨢㨣㨤㨥㨦㨧㨨㨩㨪㨫㨬㨭㨮㨯㨰㨱㨲㨳㨴㨵㨶㨷㨸㨹㨺㨻㨼㨽㨾㨿㩀㩁㩂㩃㩄㩅㩆㩇㩈㩉㩊㩋㩌㩍㩎㩏㩐㩑㩒㩓㩔㩕㩖㩗㩘㩙㩚㩛㩜㩝㩞㩟㩠㩡㩢㩣㩤㩥㩦㩧㩨㩩㩪㩫㩬㩭㩮㩯㩰㩱㩲㩳㩴㩵㩶㩷㩸㩹㩺㩻㩼㩽㩾㩿㪀㪁㪂㪃㪄㪅㪆㪇㪈㪉㪊㪋㪌㪍㪎㪏㪐㪑㪒㪓㪔㪕㪖㪗㪘㪙㪚㪛㪜㪝㪞㪟㪠㪡㪢㪣㪤㪥㪦㪧㪨㪩㪪㪫㪬㪭㪮㪯㪰㪱㪲㪳㪴㪵㪶㪷㪸㪹㪺㪻㪼㪽㪾㪿㫀㫁㫂㫃㫄㫅㫆㫇㫈㫉㫊㫋㫌㫍㫎㫏㫐㫑㫒㫓㫔㫕㫖㫗㫘㫙㫚㫛㫜㫝㫞㫟㫠㫡㫢㫣㫤㫥㫦㫧㫨㫩㫪㫫㫬㫭㫮㫯㫰㫱㫲㫳㫴㫵㫶㫷㫸㫹㫺㫻㫼㫽㫾㫿㬀㬁㬂㬃㬄㬅㬆㬇㬈㬉㬊㬋㬌㬍㬎㬏㬐㬑㬒㬓㬔㬕㬖㬗㬘㬙㬚㬛㬜㬝㬞㬟㬠㬡㬢㬣㬤㬥㬦㬧㬨㬩㬪㬫㬬㬭㬮㬯㬰㬱㬲㬳㬴㬵㬶㬷㬸㬹㬺㬻㬼㬽㬾㬿㭀㭁㭂㭃㭄㭅㭆㭇㭈㭉㭊㭋㭌㭍㭎㭏㭐㭑㭒㭓㭔㭕㭖㭗㭘㭙㭚㭛㭜㭝㭞㭟㭠㭡㭢㭣㭤㭥㭦㭧㭨㭩㭪㭫㭬㭭㭮㭯㭰㭱㭲㭳㭴㭵㭶㭷㭸㭹㭺㭻㭼㭽㭾㭿㮀㮁㮂㮃㮄㮅㮆㮇㮈㮉㮊㮋㮌㮍㮎㮏㮐㮑㮒㮓㮔㮕㮖㮗㮘㮙㮚㮛㮜㮝㮞㮟㮠㮡㮢㮣㮤㮥㮦㮧㮨㮩㮪㮫㮬㮭㮮㮯㮰㮱㮲㮳㮴㮵㮶㮷㮸㮹㮺㮻㮼㮽㮾㮿㯀㯁㯂㯃㯄㯅㯆㯇㯈㯉㯊㯋㯌㯍㯎㯏㯐㯑㯒㯓㯔㯕㯖㯗㯘㯙㯚㯛㯜㯝㯞㯟㯠㯡㯢㯣㯤㯥㯦㯧㯨㯩㯪㯫㯬㯭㯮㯯㯰㯱㯲㯳㯴㯵㯶㯷㯸㯹㯺㯻㯼㯽㯾㯿㰀㰁㰂㰃㰄㰅㰆㰇㰈㰉㰊㰋㰌㰍㰎㰏㰐㰑㰒㰓㰔㰕㰖㰗㰘㰙㰚㰛㰜㰝㰞㰟㰠㰡㰢㰣㰤㰥㰦㰧㰨㰩㰪㰫㰬㰭㰮㰯㰰㰱㰲㰳㰴㰵㰶㰷㰸㰹㰺㰻㰼㰽㰾㰿㱀㱁㱂㱃㱄㱅㱆㱇㱈㱉㱊㱋㱌㱍㱎㱏㱐㱑㱒㱓㱔㱕㱖㱗㱘㱙㱚㱛㱜㱝㱞㱟㱠㱡㱢㱣㱤㱥㱦㱧㱨㱩㱪㱫㱬㱭㱮㱯㱰㱱㱲㱳㱴㱵㱶㱷㱸㱹㱺㱻㱼㱽㱾㱿㲀㲁㲂㲃㲄㲅㲆㲇㲈㲉㲊㲋㲌㲍㲎㲏㲐㲑㲒㲓㲔㲕㲖㲗㲘㲙㲚㲛㲜㲝㲞㲟㲠㲡㲢㲣㲤㲥㲦㲧㲨㲩㲪㲫㲬㲭㲮㲯㲰㲱㲲㲳㲴㲵㲶㲷㲸㲹㲺㲻㲼㲽㲾㲿㳀㳁㳂㳃㳄㳅㳆㳇㳈㳉㳊㳋㳌㳍㳎㳏㳐㳑㳒㳓㳔㳕㳖㳗㳘㳙㳚㳛㳜㳝㳞㳟㳠㳡㳢㳣㳤㳥㳦㳧㳨㳩㳪㳫㳬㳭㳮㳯㳰㳱㳲㳳㳴㳵㳶㳷㳸㳹㳺㳻㳼㳽㳾㳿㴀㴁㴂㴃㴄㴅㴆㴇㴈㴉㴊㴋㴌㴍㴎㴏㴐㴑㴒㴓㴔㴕㴖㴗㴘㴙㴚㴛㴜㴝㴞㴟㴠㴡㴢㴣㴤㴥㴦㴧㴨㴩㴪㴫㴬㴭㴮㴯㴰㴱㴲㴳㴴㴵㴶㴷㴸㴹㴺㴻㴼㴽㴾㴿㵀㵁㵂㵃㵄㵅㵆㵇㵈㵉㵊㵋㵌㵍㵎㵏㵐㵑㵒㵓㵔㵕㵖㵗㵘㵙㵚㵛㵜㵝㵞㵟㵠㵡㵢㵣㵤㵥㵦㵧㵨㵩㵪㵫㵬㵭㵮㵯㵰㵱㵲㵳㵴㵵㵶㵷㵸㵹㵺㵻㵼㵽㵾㵿㶀㶁㶂㶃㶄㶅㶆㶇㶈㶉㶊㶋㶌㶍㶎㶏㶐㶑㶒㶓㶔㶕㶖㶗㶘㶙㶚㶛㶜㶝㶞㶟㶠㶡㶢㶣㶤㶥㶦㶧㶨㶩㶪㶫㶬㶭㶮㶯㶰㶱㶲㶳㶴㶵㶶㶷㶸㶹㶺㶻㶼㶽㶾㶿㷀㷁㷂㷃㷄㷅㷆㷇㷈㷉㷊㷋㷌㷍㷎㷏㷐㷑㷒㷓㷔㷕㷖㷗㷘㷙㷚㷛㷜㷝㷞㷟㷠㷡㷢㷣㷤㷥㷦㷧㷨㷩㷪㷫㷬㷭㷮㷯㷰㷱㷲㷳㷴㷵㷶㷷㷸㷹㷺㷻㷼㷽㷾㷿㸀㸁㸂㸃㸄㸅㸆㸇㸈㸉㸊㸋㸌㸍㸎㸏㸐㸑㸒㸓㸔㸕㸖㸗㸘㸙㸚㸛㸜㸝㸞㸟㸠㸡㸢㸣㸤㸥㸦㸧㸨㸩㸪㸫㸬㸭㸮㸯㸰㸱㸲㸳㸴㸵㸶㸷㸸㸹㸺㸻㸼㸽㸾㸿㹀㹁㹂㹃㹄㹅㹆㹇㹈㹉㹊㹋㹌㹍㹎㹏㹐㹑㹒㹓㹔㹕㹖㹗㹘㹙㹚㹛㹜㹝㹞㹟㹠㹡㹢㹣㹤㹥㹦㹧㹨㹩㹪㹫㹬㹭㹮㹯㹰㹱㹲㹳㹴㹵㹶㹷㹸㹹㹺㹻㹼㹽㹾㹿㺀㺁㺂㺃㺄㺅㺆㺇㺈㺉㺊㺋㺌㺍㺎㺏㺐㺑㺒㺓㺔㺕㺖㺗㺘㺙㺚㺛㺜㺝㺞㺟㺠㺡㺢㺣㺤㺥㺦㺧㺨㺩㺪㺫㺬㺭㺮㺯㺰㺱㺲㺳㺴㺵㺶㺷㺸㺹㺺㺻㺼㺽㺾㺿㻀㻁㻂㻃㻄㻅㻆㻇㻈㻉㻊㻋㻌㻍㻎㻏㻐㻑㻒㻓㻔㻕㻖㻗㻘㻙㻚㻛㻜㻝㻞㻟㻠㻡㻢㻣㻤㻥㻦㻧㻨㻩㻪㻫㻬㻭㻮㻯㻰㻱㻲㻳㻴㻵㻶㻷㻸㻹㻺㻻㻼㻽㻾㻿㼀㼁㼂㼃㼄㼅㼆㼇㼈㼉㼊㼋㼌㼍㼎㼏㼐㼑㼒㼓㼔㼕㼖㼗㼘㼙㼚㼛㼜㼝㼞㼟㼠㼡㼢㼣㼤㼥㼦㼧㼨㼩㼪㼫㼬㼭㼮㼯㼰㼱㼲㼳㼴㼵㼶㼷㼸㼹㼺㼻㼼㼽㼾㼿㽀㽁㽂㽃㽄㽅㽆㽇㽈㽉㽊㽋㽌㽍㽎㽏㽐㽑㽒㽓㽔㽕㽖㽗㽘㽙㽚㽛㽜㽝㽞㽟㽠㽡㽢㽣㽤㽥㽦㽧㽨㽩㽪㽫㽬㽭㽮㽯㽰㽱㽲㽳㽴㽵㽶㽷㽸㽹㽺㽻㽼㽽㽾㽿㿀㿁㿂㿃㿄㿅㿆㿇㿈㿉㿊㿋㿌㿍㿎㿏㿐㿑㿒㿓㿔㿕㿖㿗㿘㿙㿚㿛㿜㿝㿞㿟㿠㿡㿢㿣㿤㿥㿦㿧㿨㿩㿪㿫㿬㿭㿮㿯㿰㿱㿲㿳㿴㿵㿶㿷㿸㿹㿺㿻㿼㿽㿾㿿

- 10 -

【レポート】

全部で2時間の実験、合計4種類の重力加速度の測定実験を行った。それ特徴、測定値の比較検討を行う。

班内での討議事項

- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

・作業制の個人ワークで正確に物事を確認し、そこから足るを行うことになった。連続して実験し取り組むことが最も重要と思えた。

- ・物を落下させる際に一つ一つ慎重に行うことができた。
- ・計算式をしっかりと一人一人が理解しながらデータを取ることができた。それにより、誤差も減ったのかもしれない。
- ・実験の時の物の落下位置の統一をすること。

【レポート】

全部で2時間の実験、合計4種類の重力加速度の測定実験を行った。それ特徴、測定値の比較検討を行う。

班内での討議事項

- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

まず、実験5においての速度の誤差が大きかった原因として摩擦が発生したことが挙げられる。板は滑らかなようにできているが、摩擦を抑えることで、この誤差は抑えられる。ただし実験2では直角で、たまたま摩擦が少なく、誤差も少なかったと考えられる。しかし、1回目と2回目では1%、1%以上の誤差が出た。壁面への摩擦角をなるべく減らし、減速を抑えることで正しい正確な値が導き出せる。また、落下させる地点を統一することにより、この誤差を抑えることもできる。

実験4では、2回目のデータ値が誤差が一着少なくなり、他では平均値は5.1%の誤差が開いた。これは、手を離す地点のずれが大きくなったことで、このような結果になったと考えられる。

1人上に乗けた例のように、誤差が大きいのでは少ないはずだ。しかし、9m/sを下回ることがあったため、おおよそ、かなりとした記録がとれている。今回、私たちの班では8つある実験のうち5つをしか実行できなかった。機会があれば、残った実験も行い、データに信憑性を付けたい。また、測り方によっては、物体の落下を利用した実験も多く用いた。今後、これだけではない、平面を利用して実験も多く行いたい。そして、そこで得られたデータをもとに、加速度について考えてい。

【レポート】

全部で2時間の実験、合計4種類の重力加速度の測定実験を行った。それ特徴、測定値の比較検討を行う。

班内での討議事項

- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

6.単振子の周期をストップウォッチで測定する
実験では、幅が小さい方が誤差が小さいと分かった。特に2回目の実験結果は振幅を小さくして、小さいとして計測したことで、誤差が1.0%以内だった。Excelで調べたところ、1.0回の周期が11.79秒のとき誤差が0%だった。

7.バネ振子の周期をストップウォッチで測定する
合計3回の実験で、誤差を全部±1.0%以内にとることができた。上記6の実験より計測のタイミングが明確であったためである。

8.鉛直落下物体の落下位置を記録カメラで測定する
2回目の結果の誤差が一番小さい。理由として、明確に出ている点の場所をどれに動かして、と変わると思われる。

8.鉛直落下物体の運動を高速カメラで撮影し、画像の位置を記録する
この実験では誤差を1.0%以内に抑えることができた。また、この重要な点としては、画像から読み取る落Fに長さを正確に読み取ることが重要になると思われる。

【レポート】

全部で2時間の実験、合計4種類の重力加速度の測定実験を行った。それ特徴、測定値の比較検討を行う。

班内での討議事項

- ①それぞれの実験の誤差の原因、このようにしたらより正確な測定値がえられるだろうと考えられる点、それぞれの実験方法の違い・特徴の比較検討を行う。
- ②重力が働いて様々な運動が起きる。一見全く関係のないようなこれらの運動の中に、重力すなわち重力加速度が関係している。その運動を上手く捉えて、重力加速度を測定する方法について実験を行ってきた。このことを考えて、感想・考察を行う。
- ③その他

3.の実験の誤差は約2%。その原因は2人で実験したため、少しのズレが累積される。可能な限りで行ったが、正否を数値偏でと思う。

6.の実験の場合、1回目と3回目と比べ、2回目の誤差が約4%の差になった。原因は、金球を離すスタート地点が少しずれた可能性があり、スタート地点を固定すればいい。

また、自分たちの記入の間違いで、小さい結果になった。

7.の実験の場合、2回目の重力加速度が1回目、3回目と比べ、小さい。その原因はスタート位置は2回目だけ違ったと思われる。スタート地点を固定（1回目）

8.の実験は、カメラと金球をはさむ人のタイミングと写真の判断で、記入金録したため、正否性を欠け、と思う。写真をも少し、ズームしてとった方がいいと思う。

又は写真が白黒のため見えづらかったから、と思う。