

教科書(実教)

3 節

- 1 等速円運動
- 2 慣性力
- 3 単振動

4 節

- 1 ケプラーの法則
- 2 万有引力
- 3 万有引力による位置エネルギー

4/13(火)

- ①ストロボ写真を見せて、自由落下するときに受けている重力の大きさを問う。
- ②放物運動と同様に運動している物体について、受けている力の大きさを問う。
- ③小球が壁に沿って等速円運動しているとき、壁を急に取るとどうなるか？

4/15(木)

- ①等速円運動の、加速度はどちら向きか？
- ②ローターに乗っている人が受けている力の図示。
- ③ローターが2倍速になると、乗っている人の加速度は何倍？

4/20(火)

- ①向心加速度 v^2/r の式の導出
- ②この式を使ってみる (スプートニクの速さの計算)

小沢

1 等速円運動

- 2 等速円運動の教材として「惑星の運動」(ケプラーの法則、万有引力)

3 慣性力

4 単振動

- ③内側と外側の10円玉→先に滑り出すのは？

- ④ターンテーブル上の10円玉が受ける力の図示

4/22(木)

- ①[生徒実験]等速円運動の実験

4/27(木)

- ①円すい振り子
- ②[生徒実験]透明半球内での円運動

5/6(木)

- ①惑星の運動
- ②万有引力 (月の公転運動の加速度)

5/11(火)

- ①気象衛星ひまわりはどこにあるか？
- ②慣性力の導入

日付 4/13(火)

3年物理 a 講座(火 12 限…3-6 教室、木 56 限…物理実験室)

3年物理 b 講座(水 56 限…3-6 教室、金 12 限…物理実験室)

担当 小澤

力学から入る。円運動、単振動、天体の運動を学ぶ。運動量も少し復習したい。次に、気体分子の運動、熱力学。電場・磁場の基礎を少し扱って夏休みに突入。

夏休み明けは電磁気を中心に扱い、電磁誘導、交流回路、原子物理の初歩の順に進んで、12月にはおしまい。

●教科書は毎時間もってくること。(見ないこともあるけれど。)

●プリントを進める。パンチ穴があいて記名欄があるプリントは即日提出。
おもに、次のように進める。
・出された<課題>に対して、<自分の考え>を書く。
・<自分の考え>を発表する。他人の考えを聞いて、<ひとの考えを聞いて>に書く。
・最後に、
 <明らかになったこと>
 <もっと知りたいこと> (←あれば)
 を書く。

㊦㊧㊨㊩等の略称可。

●実験マークがあるプリントは、定期テストの最終日の下校時刻までに提出。

●欠席したときのプリントは提出してはいけない。ただし、実験については、放課後などに実験をして、提出することができる。(友達を巻き込んで実験するとよい)

★座席は 3-6、実験室とも、最初は自由で、「2回目の席」をもとにローテーション座席表をつくる。

日付 4/13(火)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> このストロボ写真は物体が自由落下するときに撮影したものである。この物体がBを通過するときを受けている重力と、Aを通過するときを受けている重力はどちらが大きいか、または同じか。その根拠は何か。

<自分の考え> → <ひとの考えを聞いて> → <明らかになったこと>



A



B

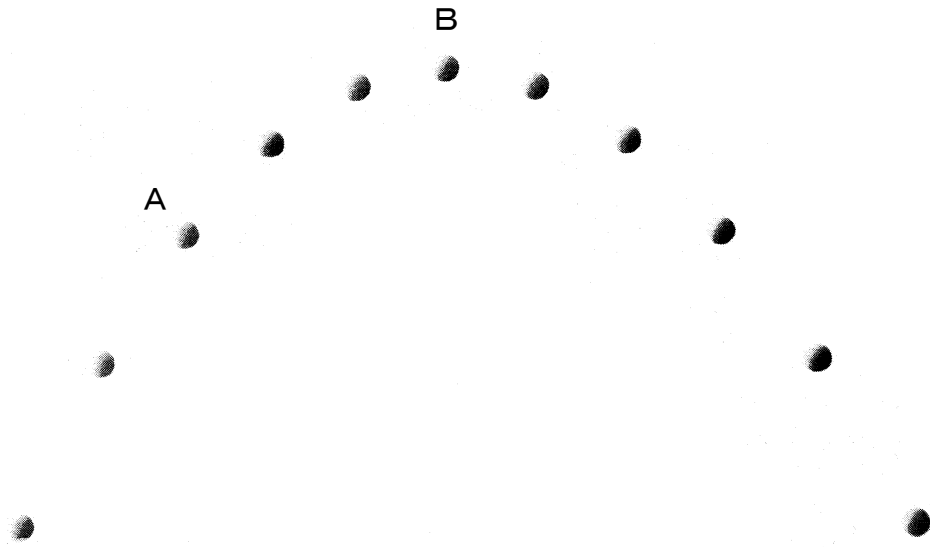


日付 4/13(火)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> 物体が下図のように運動しているとき、Bを通過するときを受けている力と、Aを通過するときを受けている力を比べると、力の向きに違いはあるか？ 大きさに違いはあるか？



<自分の考え> → <ひとの考えを聞いて> → <明らかになったこと>

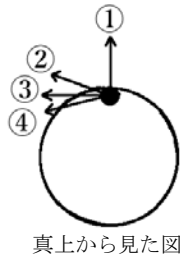
日付 4/13(火)

組 番 名前

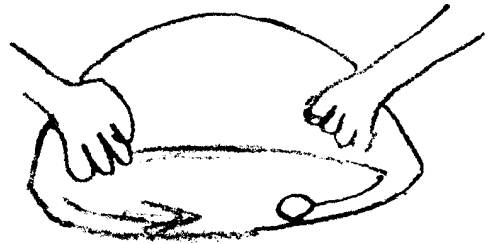
(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> 半球の形をしたプラスチックボウル(透明半球)を図のように机の上で持って、中でビー玉がぐるぐる速く回るように揺する。揺するのをやめても、ビー玉は安定して回っているとき、パッと透明半球を取り除く(素早く上に動かす)と、ビー玉はどの向きに運動するか。

- ① 半径方向
- ② (③より)ちょっと外側
- ③ 接線方向
- ④ (③より)ちょっと内側
- ⑤ 迷っている



真上から見た図



<自分の考え> → <ひとの考えを聞いて> → <明らかになったこと>

日付 4/15(木)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> 一般に、等速円運動をしている物体の速度の向きはつねに接線方向で、その大きさは変わらない。では加速度の向きはどちら向きで、その大きさはどうなるか。

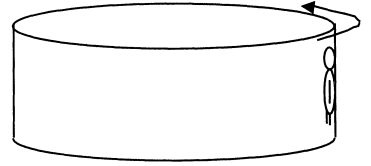
<自分の考え> → <ひとの考えを聞いて> → <明らかになったこと>

日付 4/15(木)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

昔、後樂園ゆうえんち*に「ローター」とよばれる遊戯施設があった。円筒状の部屋が高速回転したのちに、床が下がっていく。すると、足は床から離れ、人は壁に貼りついたようになる。



*現在の東京ドームシティアトラクションズ

<課題> 人が図の位置にいるとき、この人が受ける力をすべて、(上の図に)矢印で示し、それぞれの力の名称を書きなさい。

<自分の考え> → <ひとの考えを聞いて> → <明らかになったこと>

日付 4/15(木)

組 番 名前

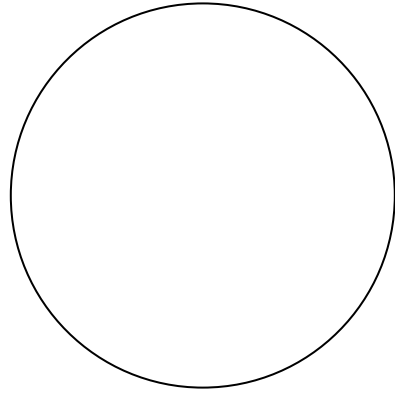
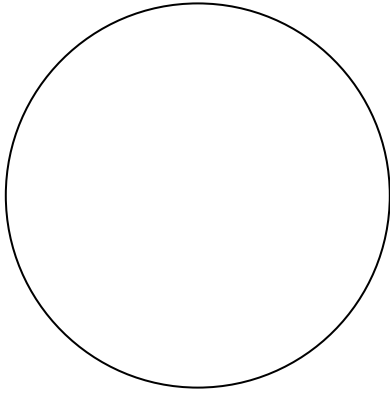
(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> もし、このローター(円筒状の部屋)の回転する速度の大きさが2倍になったら、人の加速度の大きさは次のどれになりそうか。理由も書け。

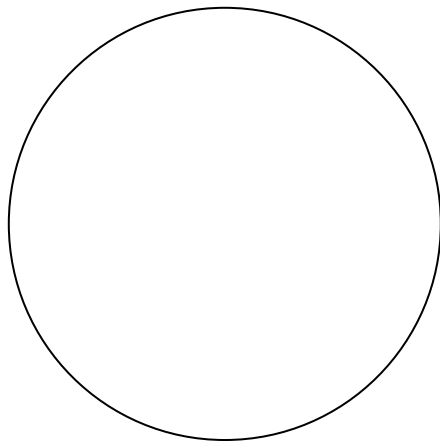
$\frac{1}{4}$ 倍、 $\frac{1}{2}$ 倍、1 倍、2 倍、4 倍

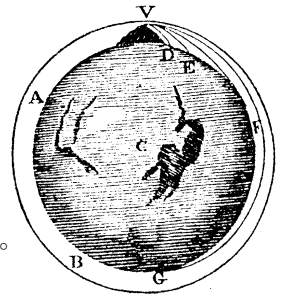
<自分の考え> → <ひとの考えを聞いて> → <明らかになったこと>

等速円運動している物体の \vec{v} が 2 倍になると \vec{a} は何倍になるか？



毎回作図をするのは面倒だから、半径 r 、速度の大きさ v で等速円運動をする物体の加速度の大きさ a を与える公式をつくっておくと、このあと便利である。

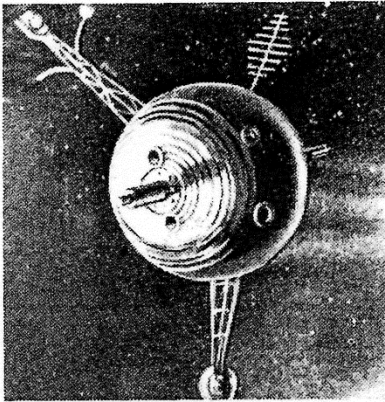




ニュートン(1642-1727)はおもしろいことを考えた。水平投射の初速を、どんどん、どんどん、どんどん、どんどん、どんどん.....大きくしていくと、投げたものが地球を1周してしまう。これは理論だけの話か? それとも本当にできるのか?

地球の衛星といえ月1つだけだった。しかし、ニュートンから約300年たった1957年、2つになった。ソ連によって、人類初の人工衛星スプートニク1号が成功した。これは世界中(とくにアメリカ)に衝撃を与え、「スプートニクショック」といわれる。

ソ連人工衛星を打上げる



ソ連人工衛星の軌道
ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

(ロンドン四日発AP特電) 四日夜のモスクワ放送はタス通信の発表として、ソ連が同日世界最初の人工衛星の発射に成功したと次のように述べた。

一時間半で地球一周 九百キロの上空を飛ぶ

ソ連が打上げた成功した人工衛星の軌道は次の通り。
大きさは直径五十五センチ、重さ八十三キログラム、速度は時速一万八千八百キロ、推定寿命は三週間以内、軌道の高さは九百キロ、信号は二つ。
モスクワ五日発UPI共同
ソ連が打上げた成功した人工衛星の軌道は次の通り。
二メガサイクルの信号を発信している。アマチュア無線で十分受信できる程度で、観測は日出、日入時にかぎり肉眼でも可能で、一時間三十五分で地球一周。

ソ連の人工衛星「ソ連誌」二号に載った人工衛星想像図
ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

一時間半で地球一周
九百キロの上空を飛ぶ
ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

四日打ち上げられたソ連の人工衛星に対して東京発信は五日正午「ソ連の人工衛星が本土上空を通過する」のは五日午後四時ごろ、同日十一時三十分ごろの間にわたるだろ」と次のような断片を発表した。

ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

今夕、日本

六等星相
米
ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

河野長官、15日に出発
ガット総会へ
ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

六等星相
米
ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

明治九年創刊

日本経済新聞

夕刊
日本経済新聞社
東京都中央区日本橋茅場町2-16
電話代表番号 究町(67)251

ライオンパン
ライオンパン
ライオンパン
ライオンパン

河野長官、15日に出発
ガット総会へ
ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

六等星相
米
ソ連の研究機関、設計集団の熱心かつ絶望的研究の結果として、世界最初の人工衛星がソ連で製作され、一九五七年十月四日第一号人工衛星がソ連内で発射され、これ成功した。
予備資料によると、人工衛星「科学生活」二号に載った人工衛星想像図

日付 4/20(火) 前のプリントに関する練習問題

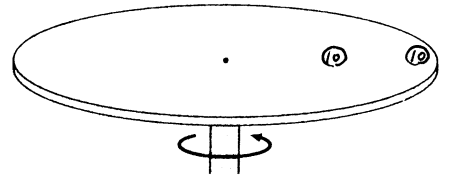
地球の半径は 6400 km。スプートニクが半径 6400 km+900 km の等速円運動をしているものとして速さを計算すると、新聞記事の値(一時間半で地球一周 = 秒速_____m)に近い値になることを確かめなさい。ただし、上空でも重力加速度の大きさは 9.8 m/s^2 でよいことにする。電卓を使ってよい。

日付 4/20(火)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> 回転台の上に10円玉を2枚置く。回転の速さをだんだん大きくしていくとき、外側に置いたものと、内側に置いたものを比べると、どちらが先に滑り出すか。あるいは同時か。



<自分の考え> →<ひとの考えを聞いて>→ <明らかになったこと>

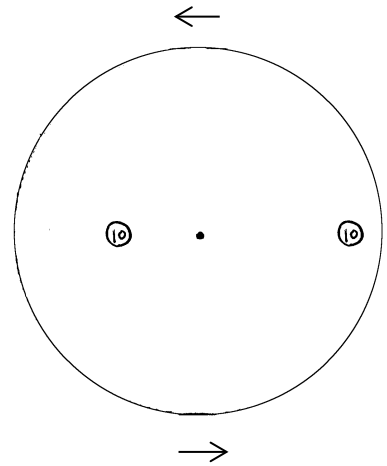
日付 4/20(火)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> 回転台の上に置かれた10円玉が、半径 r と $2r$ の等速円運動をしている。それぞれの10円玉が受けている力を矢印で(長さの違いに注意して)示しなさい。ただし、重力と垂直抗力は描かなくてよい。
また、この力の名称を答えなさい。

<自分の考え> → <ひとの考えを聞いて>
→ <明らかになったこと>



実験

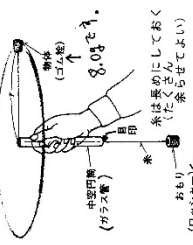
等速円運動の実験

別紙とともにボウキースドめして提出。

組 番 名前

準備

- ① まず、おもりを使わずに、手で引きながらやってみる。
つまり、君の手が「向心力の役目をする力」だ。
手で糸を下に引き、半径を小さくするとどうなるか、など、まずは遊んでみる。
- ② $r=0.10, 0.20, 0.30, 0.40\text{m}$ にちようど合うよう
に、右図の「目印」の位置に、マジックで、黒、赤、
黒、赤の印を付ける。
おもりは1つだけ糸に結びつけて、
残りはセロテープで貼って増減させる。
- ③ ワッシャーを3個つけて0.10, 0.20, 0.30, 0.40mを併せて回せるように、よく練習する。
黒 赤 黒 赤

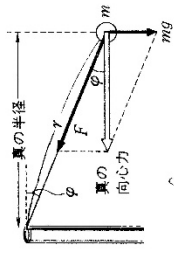


- ③ 実験1、実験2の結果をグラフに表し、前の②の予想との整合性を語りなさい。
(グラフ上は、理論だとこうなるはずで、実験だとこうなったということを図示する。そ
して、誤差についてどう評価するのか、考えを簡単にコメントする。)

※チャレンジ課題・グラフが曲線だと解釈しづらい。直線で描けるグラフを示すと説得力が増す。そういう表現できるかな？
たとえば傾斜線はグラフが描けたとしても、 $y=mx^2$ に
近いのか、 $y=mx^3$ に近いのか判断しづらい。同様に、反比
関係はグラフでも、 $y=\frac{m}{x}$ なのか、 $y=\frac{m}{x^2}$ なのか判断に
迷うことがある。

チャレンジ課題その2

実際には単力がはたらくため、右図のように
ナイロン糸は水平面からある角 φ だけ下に傾
いている。このため、真の向心力の大きさ F'
と真の半径 r' は課題の②で考えた F や r と
は異なる。このことを考慮すると②で予想した
ことは、正しくはどう書けるか。



実験1

ワッシャーは3個。半径を $r=0.10 \rightarrow 0.20 \rightarrow 0.30 \rightarrow 0.40\text{m}$ と変えていく。そのときの周
期 T [s] と r [m] の関係を調べる。(周期を測るときには、10周測って10で割る。)

実験2

半径を固定。($r=?$ にするかは、君たちが決める。) ワッシャーの数(その数も、君たち
が決める。) を変えて、周期 T [s] と向心力の役目をする力 F [N] の関係を調べる。

課題別紙に)

- ① 上の「準備①」には、向心力の役目をする力は「君の手」と書いてしまったが、物理
の言葉の正しい方としては、厳密には正しくない。この物体が等速円運動をしているとき、
向心力の役目をしている力は、正しくは何と言おうべきか。
- ② 実験1、実験2のF線部の関係について、理論上の予想ができる。それぞれどう
なるはずか考えなさい。

結果


ワッシャー の数	向心力 (N)	半径 (m)	周期 (s) (理論値)	周期 (s) (1回目)	周期 (s) (2回目)	周期 (s) (3回目)	同期 (s) (3回の平均)
3	0.2352	0.10	0.37	0.372	0.423	0.381	0.392
3	0.2352	0.20	0.52	0.511	0.497	0.513	0.500
3	0.2352	0.30	0.63	0.609	0.576	0.611	0.597
3	0.2352	0.40	0.73	0.744	0.713	0.744	0.733
1	0.0984	0.40					
2	0.6568	0.40	0.90	0.821	0.888	0.880	0.863
4	0.3336	0.40	0.63	0.711	0.667	0.683	0.687
5	0.3920	0.40	0.57	0.582	0.607	0.607	0.599

それぞれ別の人が回した方がよいかも。

0.08×0.11

4/27(木)

練習問題風ミニ実験

直径 20cm の円を印刷した紙を渡す。長さ 20cm の糸で吊ったおもりを、この円周に沿って、等速円運動させたい。(円すい振り子)  直径の長さで持てばよい。

メトロノームのリズムに合わせて回してみよう。

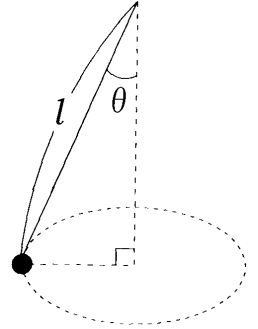
アンダンテ(72回/分) のとき、うまく回せるか？

モデラート(96回/分) のとき、うまく回せるか？

どうだったか？ その理由を計算で示しなさい。

必要ならば電卓を使いなさい。

ヒント：張力を S [N] とおき、周期 T [s] を求める。



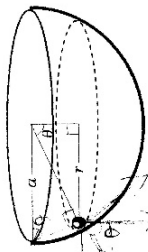
実験

透明半球内での等速円運動

組 番、名前

右図のような、直径 20cm、すなわち半径 $a = 10\text{cm}$ の透明半球を使って、ビー玉を水平面内で等速円運動させる。

- (1) ① θ が大きいとき。(上の方を大きい半径 r で回すとき。)
 ② θ が小さいとき。(下の方を小さい半径 r で回すとき。)



1周にかかる時間(周期 T)は、どちらが大きいか、あるいは同じか? 直観的な予想 → $\sqrt{\frac{a}{g}}$

- (2) では、計算してみよう。周期 T を角度 θ 、および a と g で表しなさい。ただし、 g は重力加速度の大きさである。

すると、先ほどの予想はどうだったか? $T = 1 \text{ 回転にかかる時間} = \frac{2\pi r}{v}$

$T = \frac{2\pi r}{v} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{v^2}$

$mg = N \cos \theta \Rightarrow N = \frac{mg}{\cos \theta}$

また、 $N \sin \theta = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow \frac{mg \sin \theta}{\cos \theta} = \frac{mv^2}{r}$

$\Rightarrow v^2 = \frac{rg \sin \theta}{\cos \theta}$

$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{rg \sin \theta}{\cos \theta}} = \sqrt{g \tan \theta}$

$\theta \rightarrow 0 \Rightarrow \tan \theta \rightarrow \theta \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{\sqrt{g \theta}} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{g \theta} \Rightarrow \theta = \frac{4\pi^2 r^2}{g T^2}$

$\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{a}{g}}$

- (3) 実験してみよう。透明半球の直径は 20cm。次の 2 つのものを使って、透明半球に円周を描く。(ホワイトボード用ペンを使用。) その円周に沿ってビー玉を運動させる。

- ア. コーヒー缶(直径 10cm)
 イ. ボウル(直径 16cm)

10 回まわるのに何秒かかるか測定し、10 で割った値が周期 T 。それを何度か繰り返して、平均を取る。

- ① 実験結果を表にまとめなさい。
 ② 結果は②の計算とだいたい一致するか、検討しなさい。

	①	②	③	平均	周期 T
半径 8cm	4.84	4.84	4.91	4.86	0.49
半径 5cm	6.31	6.18	6.26	6.25	0.63

→ 半径が大きい方が 1 回転にかかる時間は長くなる

① (1)より $T = 2\pi \sqrt{\frac{a}{g}}$

(2) のとき $T = 2\pi \sqrt{\frac{0.1 \times 2}{9.8}}$

≈ 0.49

(3) のとき $T = 2\pi \sqrt{\frac{0.16 \times 2}{9.8}}$

≈ 0.63

日付 5/6(木)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> 2021年の春分の日は3/20、秋分の日は9/23です。2022年の春分の日は3/21です。

春分の日から秋分の日までの日数(「夏」と、秋分の日から春分の日までの日数(「冬」)はどの程度の違いがあるでしょうか。それはどのように説明ができるでしょうか。

ほぼ同じ(違いは2日以下)

3～5日

1週間程度(6～9日)

10日以上

<自分の考え> →<ひとの考えを聞いて>→ <明らかになったこと>

<付け加え>

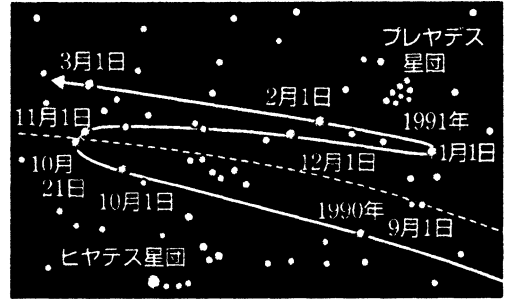
地球は太陽の周りを公転する惑星である。

だから惑星について学べば、前の<課題>が解決するかもしれない。

さて、大昔から人々は、規則的に動く星とそうでない星があることに気付いていた。

参考 PCシミュレーション→講談社ブルーバックス
「太陽系シミュレーター」

規則的ではない星を planet(惑星)と命名した。その正体や、そう動く理由はなかなかわからなかったが、昔の人は自然界のことだから本当は何か規則性があり、その背後に統一的な原理があるだろうと思って、何百年もかけて探求してきた。



例 星座の中の火星の動き

plan-et [plænit] (原義: さまよい歩くもの. ▷ PLANKTON) 図(複~s [-ts]) ㊦【天文】惑星, 遊星: the major planets 大惑星 (▶ Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune, Pluto をさす) / the minor planets 小惑星 (asteroid, planetoid). ㊦ planetary ㊦ planetarium [plænit(ə)riəm] ㊦ planet

ティコ・ブラーエ(1546-1601)

肉眼で惑星の位置を正確に観測。膨大なデータを集めた。(望遠鏡はまだ発明されていない。)



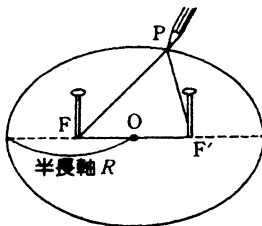
観測データをもとに運動の、規則性を見出したい・・・でも、できなかった。



ケプラー(1571-1630)

ティコ・ブラーエの観測データを用いて、惑星の運動について法則を発見。次のようにまとめた

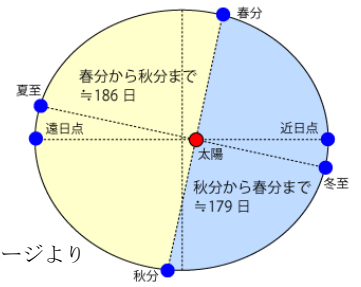
- 第1法則: 「楕円軌道の法則」 ←1つの焦点が太陽。
- 第2法則: 「面積速度一定の法則」 ←中心力だけを受ける運動では一般に成り立つ。(「角運動量保存の法則」という高校では習わない法則で説明がつく。)
- 第3法則: 「周期の法則」 ←下の表のようなデータから見抜いた。



公転周期と軌道半径

惑星	公転周期	半長軸(平均距離)
水星	0.24年	0.387
金星	0.62年	0.723
地球	1年	1
火星	1.88年	1.524
木星	11.86年	5.203
土星	29.46年	9.555
天王星	84.02年	19.218

* 地球の軌道の半長軸(1.4960×10¹¹m)を1とする。

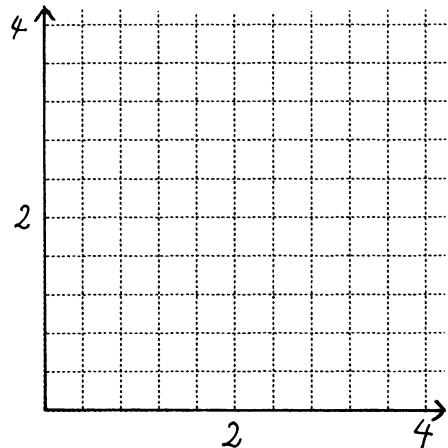
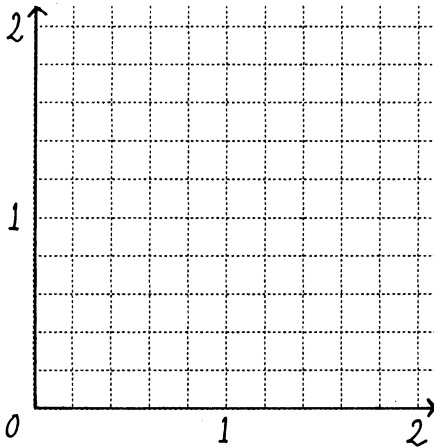


<付け加え>の続き

「夏」「冬」の日数の違いから 右図：国立天文台の web ページより
 ああ、たしかに地球は ケプラーの第1法則：「楕円軌道の法則」、
 ケプラーの第2法則：「面積速度一定の法則」
 に従って運動しているのかな、という気になる。

さて、乗りかかった舟なので、第3法則「周期の法則」を考えてみたい。前のプリントの右下の表から、規則性を見いだせるかな？

グラフにしてみれば何かわかるかも・・・ でも全部書くとたいへんだから、水星、金星、地球、火星だけプロットしてみよう。(左の座標にどうぞ)



ケプラーの法則は経験法則。「なぜそうなるの？」には誰も答えられなかった。

※ケプラーは観測データだけから 帰納的に「周期の法則」に気付いた。

あとから、ニュートン(1643-1727)が、万有引力の法則で説明した。

2つの物体があるとき、それぞれ互いに引き合う力がはたらく。

その力の大きさは、質量の積に比例し、物体間の距離の2乗に反比例する。

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

※Gは万有引力定数とよばれるが、その値がわかったのは、ニュートンの死後 71 年もたってからである。

太陽と惑星がこの力を受けていると考えると、ケプラーの法則を3つとも、演繹的に説明できることがわかった。

日付 5/6(木)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<演習> リンゴが地球に引かれる力と、月が地球に引かれる力は、本当に同じ種類の力か？

→リンゴと月が、万有引力の「逆2乗則」(距離の2乗に反比例)に従うことを示せばよい。

→月の観測によって検証。

まず、右の枠囲みの観測データをもとに、地球と月のスケール感をつかむ。

地球の半径 r	約 6400km
地表付近の重力加速度 g	約 9.8m/s ²
月の半径	約 1700km
月の公転半径 R	約 384400km
月の公転周期 T	約 27.3 日

(1) 地球を表す、半径 5mm の円を、下の余白の左端に描きなさい。

(2) 月の公転半径は、地球の半径の約何倍か。

(3) 月を下の余白に描き加えなさい。位置と大きさのスケールを考慮して描きなさい。

次に、月が地球の周りを公転する運動の加速度を計算する。

(4) 月の軌道を円と見なしたときの加速度 $a_{\text{月}}$ を計算しなさい。(余白に)

(5) $a_{\text{月}}$ と、地球の地表付近での重力加速度 g との関係を、次の式で表すとき、 はいくらか。

$$a_{\text{月}} = g \times \frac{1}{\text{}}$$

(6) (2)と(5)の結果から何が言えるか。

注：右側に B5 の白紙をつけて、全体を B4 で印刷する。

日付 5/11(火)

組 番 名前

(ホチキスどめして提出するとき記名は1枚目のみでよい。)

<課題> 気象衛星ひまわりは、どのあたりに位置するのだろうか。(地球の図を描いてから、位置を推測して・で示しなさい。)

<自分の考え> →<ひとの考えを聞いて>→ <明らかになったこと>

日付 5/11(火)

<演習> 静止衛星の軌道半径を求めよう。(正確には楕円軌道だが、円とみなす。)

地球の質量… M 、地球の半径… R 、地表での重力加速度… g 、万有引力定数… G

[1] 質量 m の静止衛星が、地球の中心から測って r の位置を速さ v で等速円運動をしているとき、運動方程式はどう書けるか。

[2] 運動方程式を解いて、静止衛星の軌道半径 r を求めなさい。

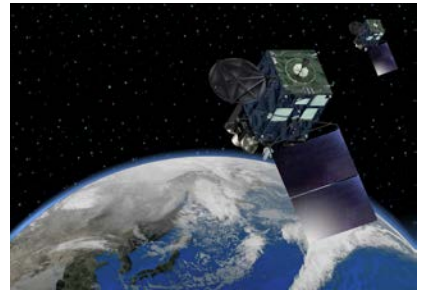
....という問題は初めてだと案外難しいので、段階に分けて解いていく。

A 地表に質量 m' の物体がある。この物体が受ける万有引力のことを、地表での重力とよぶ。

① 万有引力定数を G 、地球の質量を M 、地球の半径を R として、この物体が受ける重力の大きさを求めなさい。

② ところが、万有引力定数 G と地球の質量 M の測定は容易ではない。でも、この2つの量の積 GM ならばすぐに求められる。 GM を重力加速度 g と地球の半径 R を用いて表しなさい。(g や R は容易に測れる量である。)

ひまわり 8号, 9号



運用状況…8号 本運用(定常観測中)

9号 待機運用(スタンバイ)

静止位置…東経 140.7 度の赤道上空
約 35800km

<http://www.jma-net.go.jp/sat/satellite/satellite.html>より作成

B いよいよ、静止衛星の軌道半径 r を求めよう。前の問題で用いた変数を使ってよい。

③ 静止衛星の質量を m 、円運動の周期を T とおいて、静止衛星の運動方程式をたてなさい。

④ 前の②と③を用いると、 $r = \sqrt[3]{\quad}$ になる。3乗根の中には g 、 R 、 T を使った式が入る。求めなさい。

⑤ パソコンや関数電卓などを使って、具体的に計算すると $r =$ 約 42000km になる。これは左の枠囲みのデータ(これは地表からの距離であることに注意)に近い。地球の半径を約 6400km、重力加速度を 9.8m/s^2 として、計算して確かめなさい。($g \doteq \pi^2$ という裏技近似を使ってよい。)