

物理問題

(平成 29 年度 国際信州学院大学理学部)

【注意事項】

1. 試験時間は 80 分である。
2. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
3. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
4. 試験開始後、解答用紙の所定の欄に、受験番号と氏名を記入すること。
5. 回答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
6. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。
7. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
8. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び指示に従うこと。
9. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

1

アイザック・ニュートンはりんごが落ちる現象を見て重力をひらめいたと言われているが、実はそれは間違いである。地上において地面方向に力が働いているということはニュートンの時代には既に理解されていることであった。ニュートンはこの地上の引力が月などの天体に対しても同様に働いているのではないかと考えたのである。ニュートンは太陽の周りを地球などの惑星が公転していたり、地球の周りを月が公転していたりといった、天体の動きを統一的に理解する方法を模索しており、それが万有引力で説明できることにひらめいたのである。

物体間 A, B 働く万有引力の大きさ F は距離に対する逆【1】乗則として、物体の質量をそれぞれ m_A, m_B 、物体間の距離を r とすると、 $F =$ 【2】で表される。例えば、あなたが手のひらに持っているりんごを鉛直方向に落としたときのりんごの運動方程式を求めてみよう。地球の質量を M 、りんごの質量を m 、地球の半径を R 、地表面からあなたが持っているりんごまでの距離を h とすれば、万有引力の大きさは $F =$ 【3】と表される。よって、りんごの運動方程式は、加速度を g とすれば、【4】となる。すなわち、 $g =$ 【5】となり、すべての物質について同じ値となる。

この万有引力が天体同士に働くことで、例えば月は地球に“落ちる”わけであるが、月は回転しているためにその遠心力と釣り合うことで、月は落ちずに地球の周りを回転し続けている。

ところで、逆【1】乗則が成り立つのは万有引力だけではない。荷電粒子間に働くクーロン力が例えばそうである。クーロン力によって、電子と電子のように、電荷が同符号の場合は斥力が働き、陽子と電子のように、電荷が反符号なもの同士の間には引力が働くことが知られている。これによって天体の運動のように回転運動を説明しようとしたのがラザフォードの原子模型である。ラザフォードは原子の小さな中心領域に正の電荷が集中していて、

その周りを電子がまわっているというモデルを考えたのである。

例えば水素原子を考えてみよう。水素原子は陽子 1 つと電子 1 つから構成される。陽子は電子に比べ質量が十分に大きいので、陽子の周りを電子がまわっているというように考えてよい。陽子と電子の間に働くクーロン力 F は陽子の電荷を $+q$ 、電子の電荷を $-q$ 、電子と陽子の間の距離を r とすれば、 $F = \text{【6】}$ である。今、電子は同じ半径を速度 v で回り続けているとしよう。電子の質量を m_e とすれば、遠心力とクーロン力のつり合いから、 $r = \text{【7】}$ で、周期は $T = \text{【8】}$ である。ただし、クーロン力に比べ、万有引力は非常に小さいのでここでは無視するものとする。この原子模型は実は正確なものではないことが今ではわかっているのだが、人々が原子を想像する際の原型となり、原子や原子力を想像する象徴として使われ続けている。

- (1) 【1】～【8】に当てはまる式、あるいは数字を書け。ただし、万有引力定数を G 、クーロン定数を k とする。
- (2) 地球表面では重力加速度が約 9.8m/s^2 であることが知られている。万有引力定数を $6.7 \times 10^{-11}\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、地球の半径を 6400km 、 h をあなたの身長だとしたとき、地球の質量 M の大きさを有効数字一桁で求めよ。
- (3) 今年のノーベル賞は重力波の初観測で間違いないだろうと言われている。重力波は質量をもつ物体が加速度運動をすることにより放出される。今回観測された重力波は、お互い引かれあいながら回っている連星から放出される重力波を観測したものであった。これは偶然観測されたわけではなく、ある連星の回転周期が短くなっていることを発見し、その連星に注目して観測を始めたのである。実は重力波はエネルギーを持っており、その連星の周期減衰率は重力波によるエネルギー放出で预言されるものと誤差の範囲内で一致していたので、重力波を観測できるという確信があったのである。

さて、本文中では万有引力とクーロン力について考えたが、実は重力

波と同じように電荷を持った物体が加速度運動をする際には電磁波が発生するのである。これを踏まえ、「エネルギー保存」という言葉を用いて、この原子模型は実は正確なものではないの理由について、あなたの考えを書きなさい。

2

壁にかけてあるコナン・ロシュフォール初代学長の肖像画を見た時の光景が図1のようであるとする。図を見て次の問に答えなさい。なお、解答欄には解答群から選んだ選択肢のみを記入し、同じ選択肢は何度使ってもよい。

図1 初代学長の肖像画



図2 スプーンに持ち替えた場合



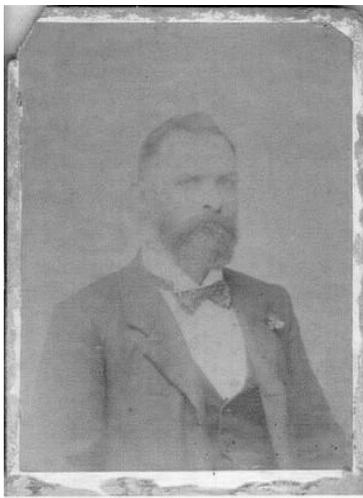
- (1) 部屋の中にいる人が肖像画を背にして、肖像画をまず最初に手鏡(平面鏡)に映した。鏡に映る像の上下左右の関係を表す図として最も適当なものを、解答群のうちから一つ選べ。
- (2) 次に図2のように手鏡をスプーンに持ち替えて、スプーンの内側(スプーンの凹面)に映る像を見た。この像の上下左右の関係を表す図と

して最も適当なものを、解答群のうちから一つ選べ。

- (3) スプーンの外側 (スプーンの凸面) に映る像の上下左右の関係を表す図として最も適当なものを、解答群のうちから一つ選べ。

解答群

(ア)



(イ)



(ウ)



(エ)

