

「カピッツァ 科学業績及び科学と現代社会」 に掲載されていた物理問題集

出版社 モスクワ「ナウカ」1998年

前説

表題の冊子（原本で560頁以上）の最後尾に付録、第96節として配置されていた物理問題文です。241問あります。残念ながら、解答は付属してはいませんでした。問題の程度は大学の学部物理学専攻学生向けのようなようです。が、物理学を専攻していなくても、物理学の基礎がしっかりしている学生ならば、高校生でも充分に対応できそうな問題も多く見受けられます。

特に、日本人の物理教育関係者から見ると、斬新で面白い問題が多く見受けられます。興味ある方は挑戦してみてください。解答ができたなら、一報してくれると助かります。

付録

第96節 物理問題（*）

この選集に記載された問題は、私がモスクワ物理工科大学の学生のために作ったものである。1947年から1949年の間、私はそこで一般物理学の講義をしていた。この選集には、ソ連邦科学アカデミーの物理問題研究所の院生入学試験の為に作られた問題も含まれている。物理工科大学の学生であり、最近卒業したアスラマゾフとスロボデツキーと一緒にこれらの問題を収集し、出版の準備をした。

これらの問題の作成に当たって、私は一定の目的を追求した。それ故、これらの問題はありふれた形式では作成されてはいない。読者にとってそれらの解答は興味があることであろうから、若干の説明を以下で行おう。

数学、力学、物理学他のような精密な科学の研究において、問題を解くことは非常に大きな意味を有していることは、良く知られていることである。問題を解くことは、学生自身には実際の問題の解決に際して、自分の知識確かめさせるを可能性を与える。教師には問題は、学生がどれだけ深く対象を理解しているかどうか、学生の知識が学習したことの単なる暗記の蓄積でないかどうか、を確かめる最も効果的な方法の一つとなる。この他に、若者を教育する際に、問題を解くという方法は、創造的な科学思考を育てることができる。20年前に組織された物理工科大学は特に、科学研究所の労働者の選抜及び教育のための高度教育施設として設立された。良く知られていることであるが、有益な科学上の仕事にとって、知識だけではなく理解力、もっと重要なのは、自立した分析力及び想像力が必用である。若者の教育において、教育等の効率的な手段の一つとして、これらの問題が作られたのである。

たくさんの問題を作ることにより、この目的を実現することに私は努めてきた。学生は良く知られた物理法則の基礎に則って自然界の性質を分析しかつ定量的に論述しなければならない。自然界の現象としては、科学的なもの、実践上に於いて興味がわくものが選ばれている。課題を完遂するためには、学生の知的水準で十分なものである、ということは私たちによって考慮済みのことである。

通常、問題は、その解決への道が何通りかあり、解法の選択に学生の個性が表れるように設定される。例えば、機内が無重力となっている飛行機の飛行の軌跡の問題に於いては、地球の重力場下にある飛行機の運動方程式を記述し、飛行機内にある一点に作用している合力をゼロとする、という標準の方法で解くことができる。解の別な方法はもっと簡単である。飛行機が自由飛行物体の軌跡を描くならば、その軌跡は地球重力下では放物線に近いものであり、その時、飛行機内の物体は無重力状態にある。ということを利用するものである。よく勉強している学生ほど問題を深く考察し、飛行機の機内の全ての地点に於いて同時に無重力が実現されているためには、飛行機の飛行に於いて何が必用なのかを明らかにする。パイロットが飛行経路での無重力を実現するため飛行機に要求される操縦をするためにはどのような航空機器が必用なのか、等々、更に問題を詳細に分析さえする。私たちの問題の特徴は、これらは決まり切った完成した答えがないということである。それ故、学生は自信の好みや能力に応じて設定した問題の学習に制限を受けることなく熟考することができる。学生の解答は、その学生の科学的な思考の傾向や特徴を評価することの可能性を与え、これは特に大学院選抜で重要である。問題の自主的な解答は学生に科学思考のトレーニングの機会を与え、科学的な問題に取り組む情熱をはぐくむ。

問題には以上の特徴の他に、多くの問題にはもう一つの特徴がある。物理定数やパラメーターの数

値の大きさが与えていないのである。解答者自身が選択するようになっているのである。例えば、飛行機中での無重力に関する問題で、無重力が継続する時間を要求する場合に於いては、最新の飛行機を選べばよいということである。飛行機の上昇限度や限界速度は学生自身の選択項目となる。というのは、教育の実際に於いては、学者や技術者は自身の学習過程に於いて具体的に物理量、例えば電流、速度、電圧、強度、温度、等、の規模を採用して行っているからである。

科学上の問題の解決に際して、学者は自身の想像力の中で物理量の大きさや、相対的な意義を明確に表現する。それらの物理量は研究している現象を記述することに用いられる。関係している自然現象の実験上の研究において解かれるものとなるべきものを選択することは、必須なことである。これ故、物理量を定義している公式の中の記号は常に具体的に量的意味を表しているのであるということ、若いときから学者に馴染んでおく必要がある。数学と異なって、物理学では、パラメータや数式における変数は具体的な量でなければならない。ここに提示している私たちの問題に於いて、私たちは学生をこれに馴染ませるようにし、彼ら自身が解答のために必要な物理量を参考文献から探し出さなければならない。物理工科大学の学生たちはこれらの問題に興味を示し、時には問題を集団討議にかけられることもあった。これらの問題が私たちによって試験として出されるときには、解答のための必須条件としては、参考文献を自由に使用できることであった。通常では、試験では5題までが出題され、各自の思考に合わせて、それらの中から2～3題を選ぶようにした。問題の選択に仕方により、学生の傾向を判断することもできた。大学院入試試験では、新しくより複雑な問題が用意された。そして、受験者には参考書だけでなく、助言指導も許可された。助言指導を利用する能力は、参考文献を利用する能力と共に、学者にとっては必ず修得しておかなければならないことである。科学上の仕事に於いては、助言や同僚、指導者との討論は仕事を成功させるために必要なことであり、それ故に、教育の最初から慣れさせなければならないことである。

1題当たりの解答時間には、通常では私たちは約1時間を割りあてた。問題は論述形式で解答されなければならないが、学生の特長や特徴は、基本的には、記述されたテキストの口頭討議中に明らかになった。学者の卵の特長が輝いていればいるほど、たちまちの内にそれは現れた。通常では、問題の口頭討議には、それ程の時間はかからなかった。

今では、現代国家に於いては、文化と経済の発展のための大量の科学知識は天下公然である。我が国では学者や科学労働者の数は絶えず増加し続けており、現在では50万人以上となっている。それ故、若い学者の育成や教育は、大きく個別の国家の課題となっている。我が国では、モスクワ物理工科大学以外に、幾つかの高等教育施設があり、科学要員の教育の課題を担っている。疑いもなく、その様な施設における教授はそれなりの特質を持っており、それは企業や経済のための要員を育成する高等教育施設とは教授の仕方において異なっている。私が思うには、この本で選び出した問題を解答させ鍛えるという教育方法は、物理学の教授だけではなく、他の精密科学、例えば、数学、力学、化学等、の場に於いても広く利用できる。科学上の大問題を解決する際に於いては、学者はその問題を単純化した形で解くことができるようになければならない。それ故、この本で提示したと同じ様な問題を解答することは、未来の科学労働者としての優れた下準備となるであろう。

(*) 脚注 カピッツアの最も完全な問題選集。序文は「カピッツア物理問題」(モスクワ。ズナーニヤ出版。1966年、16頁)の本のために書かれたものである。

問題

1. 天体観測により、金星には全面に厚い雲がかかっていることが判明している。もし金星人がいれば、彼らは天体を観測できる可能性がほとんどないであろう。金星人が自身の惑星の一昼夜の長さを正確に測定することができる方法について、論述せよ。

2. シベリアのツングース地方に落下した「ツングース隕石」は北緯60度の地表に落下した。隕石の持っていた全エネルギーは熱エネルギーに変化し、それにより隕石自体も蒸発してしまった。この隕石の質量を1万トン、衝突前の早さを50 km/sとし、この隕石の衝突は地球の自転周期にどのような影響を与えたかを見積もって見よ。

また、最新の時計を用いれば、隕石の衝突により地球の自転周期の変化量を測定することができるであろうか？

3. 無重力状態を実現するためには、現代の飛行機はどのような飛行経路をとる必要があるか？また、どれだけの時間、無重力状態を実現することができるであろうか？

4. オシロスコープによる時間間隔の測定精度の限界を見積もって見よ。

5. 古代には、次に述べる原理に基づいた水ポンプを用いていた。螺旋状に巻いたパイプを、その中心軸の周りに回転する。この中心軸は水面と角度 α をなして、傾斜している。パイプの下端は水中に

没している。パイプを回転することにより、水はパイプの中を伝わってパイプの上端から溢れ出る。水が持ち上げられるこの高さを h とする。このポンプを「旧式渦巻きポンプ」と呼称している。このポンプの最適な角度、生産性、ポンプの効率を求めよ。

6. 中性子は鉛のブロックを簡単に通過するが、パラフィン、水、その他、水素原子が存在する化合物からできたブロックでは止められる。この理由を説明せよ。

7. 降下中のパラシュート愛好者が手前にある2本の攀り紐を引っ張った。彼はどの方向へ飛行して行くであろうか？

8. レース中の自動車がパンクした。タイヤがしわくちゃにならないためには、自動車はどれだけの速さで走らなければならないか？

9. 自動車の衝突事故から乗員を保護するために、急膨張性気体の入ったエアークッションが用意されている。この方法の有効性を見積もってみる。時速100 kmで走行している自動車が事故を起こしたとき、乗員の頭がエアークッションへの衝突でけがをしないためには、エアークッションの大きさはどれだけで、かつその内部の気体の圧力はどれだけでなければならないか？

10. トランポリンで、一度だけマットをはじくことで何倍の高さジャンプすることができるか？

11. 弓と矢がある。矢が最も遠くに飛ぶためには、弓の大きさに対応して、使用できる矢の大きさが存在することを説明せよ。また、ある所定の大きさの弓の場合について、矢の大きさを見積もって見よ。

12. 体重が P であるバランス曲芸師が半径 R 、質量 M の球の上に立っている。球は水平面状にあり、滑ることなく面の上を転がっている。転がり続けるためには、曲芸師はどのように足を運ばなければならないかを解析せよ。また、曲芸師の靴底の摩擦係数は転がりの加速度とどのような関係があるか？

13. ガラスを破るためには、テニスボールはどれだけの速さで飛ばなければならないか？

14. 堅い面に投げられた球は、面から跳ね返る。固体の粘着性と反跳の高さの関係を見積もれ。

15. 壁とサッカーボールの衝突時間を見積もれ。

16. 鋼鉄製の玉が高さ $h = 10\text{ cm}$ から、水平との角度 θ を成している斜面上に落下する。面上で弾性的に跳ね返り、再び面上に落下する。これを繰り返す。斜面の長さに限界が無く、衝突過程で損失がないものとしたとき、この運動はどのような様になっていくか論述せよ。

17. 立っでは落ちてしまう様な非常な薄い氷の上を、人は何故走り抜けることができるのか説明せよ。

18. 水没しないで、人が水面上を駆け抜けるための速さの程度を見積もって見よ。

19. 何故、自転車で「手放し走行」ができるのか？

20. 人工衛星がノボシビリスク上空を2時30分に、モスクワ上空を6時00分に通過した。20時00分及び21時45分には人工衛星はどこの上空を飛行しているか。時間はモスクワ時間である。

21. 宇宙船が地球から火星に飛行する。船体の表面の半分は黒く塗られ、太陽の放射光を完全に吸収し、船体の残りの半分は磨かれて金属光沢を出して太陽の放射光を完全に反射する。船体の前進運動と回転運動に、光の圧力がどのような影響をするか調べよ。宇宙船は質量5 T、直径300 cmの球として、降下の影響を定量的に見積もれ。

22. 天秤の片方にネズミが泳いでいる水の入った容器を置き、他方には錘をのせて釣り合いをとる。錘ののった方の皿には金属棒が固定され、その先端にはロープがぶら下がり、水の容器の水面上に垂れ下がっている。ネズミがこのロープをよじ登り始めても、天秤の釣り合いは保たれるであろうか？

23. 天秤に掛けられた空き缶のそこに蠅がとまっている。蠅が飛び立った。天秤が「蠅が飛び去った」ことを感知し始めるのどのような瞬間か。

24．球状物体の引力によって生ずる液体表面の歪みを判定せよ。引力定数を定めるためにこの効果の実験における観測の可能性を分析せよ。

25．高度300 kmを飛行している人工衛星から撮影した写真で、識別することができる最少の物体の大きさを算定せよ。

26．無重力状態にいる宇宙飛行士が穴を掘る必要があったとする。どの様にして穴を掘ることができるか。

27．地表に質量Mのロケットが静止している。ロケットから噴射されるガスの速さをuとする。このロケットのエンジンの出力を算定せよ。

28．人工衛星から前方（後方、側方）に打ち出された弾丸はどのような軌跡を描くか。

29．自分と宇宙船を結んでいたロープが何らかの拍子で切れた時、宇宙飛行士はどのような方法で宇宙船に戻ることができるか。

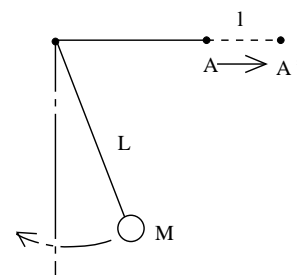
30．質量が100 kg、気道半径が400 kmの人工衛星がある。飛行方向を2度だけ変更する。このような進路変更ができる原理的に可能な方法を記述せよ。

31．地球が楕円軌道上を運動しているとき、地球の速さは常に増加している、それとも減少しているか。それに対応する加速度を液体の液面を用いて測定することができるであろうか。

32．地球に月が落下したとき、地球の温度はどれだけ変化するか見積もって見よ。地球と月の熱容量は共に $1 \text{ cal} / \text{cm}^3 \cdot \text{度}$ とする。

33．太陽光による圧力で生ずる地球軌道の歪みについて論述せよ。そしてその大きさを見積もれ。

34．(図1) 滑車を経由して質量Mの錘が糸でぶら下げられ、一定の振幅で振動している。糸の端のA点をゆっくりと長さlだけ動かした時、錘の振動の周期と振幅の変化を定めよ。成された仕事を算出せよ。



35．振り子の長さや振動周期を結びつけている法則は、どのような方法で計算することなく得ることができるか。

36．角度 θ を成した山の斜面に沿って上方に自動車が加速度aで動いている。車内にある長さlの振り子の振動周期を定めよ。

37．既知物理定数として長さの単位(1 m)が与えられているが、天体の観測は行えず、重力加速度も使えないとして(実験が深い坑道か、他の惑星で行われるものとして良い)、時間の単位(秒)を再現するために、各自の意見に基づいた最も簡単で正確な実験方法を掲げよ。

38．屋外で話し声が聞こえる限界の半径を定めよ。

39．夕方、川を航行していると、遠く離れたところの話し声を非常に良く聞くことができた。これがどうして可能なのかを説明せよ。

40．高さhの柱の上に、目覚まし時計がぶら下げられている。風速はuである。音速をcとすると、どの地点で一番音が大きく聞こえるか。

41．大砲の射撃において、希に、砲身の先端部分が丸ごと吹き飛んでしまうことが起こることを説明せよ。

42．ホースで芝生に水をかけている庭師は、常に反作用力を感じているのであろうか。

43．水中にある物体の像を得るための装置を作る場合において、超音波振動を利用する際に原理的な可能性の問題を検討せよ。

4 4 . 音を発生する方法全てを列挙し説明せよ。それらのうちどれが一番経済的か。

4 5 . コンベアが荷物を水平方向に運ぶ。が、水はけを良くするためにそのベルトは横に傾いている。ベルトの摩擦が大きいので、ベルトの上に自由に置かれた輸送品は横に滑ることはない。ベルトは完全に滑らかな壁の狭い隙間を通して建物の内部に続いている。壁の面はコンベアのベルトの運動方向に直角である。ベルトの上にしっかりと置いた円筒物体は自由に動いていく。が、その後、ベルトと一緒に動いていった物体は壁にどの様に衝突するであろうか。物体が実際に動くとしたならば、その運動の方向、速さ、加速度を定めよ。その際、水平に対するベルトの傾斜角、ベルトの速さ、ベルトと円筒物体との間の摩擦係数を予め所定の値とする。

4 6 . ブランコに乗った子供が振りの振幅をどの様にして大きくするのか、説明せよ。

4 7 . 胴体でフラフープを回すためには、人はどのような運動をしなければならないか。

4 8 . 希薄気体中にある振り子の振動の減衰を定めよ。

4 9 . バイクライダーが樽の形状をしたリング内の壁を走り回る。この運動が安定して行うことができることを検討せよ。

5 0 . 振り子の先端に中空のレンズが取り付けられており、その中に粘性の液体が満たされている。振り子の振動周期と減衰に対する液体の影響を定量的に見積もれ。

5 1 . 腕時計の時刻精度に影響を与える因子を列記せよ。そして、それらの因子の相対的な重要性を見積もれ。

5 2 . 直方体の容器があり、その壁の間隔は l である。そして、壁は相対速度 v でゆっくりと近づいているとする。容器内に粒子があり、その大地に対する速度は u である。時刻 t 毎に粒子の速度はどの様に变化するか。壁との衝突は完全弾性とする。

5 3 . 振り子の取り付け点が水平面内で早い振動をしている。この時、重力場内にある振り子の釣り合いの状況を見出せ。

5 4 .

(a) 振り子の取り付け点に水平或いは垂直の振動を付加することにより、振り子の主振動を維持することができることを示せ。

(b) 通常の振り子で振動を維持するために、取り付け点に加える振動の必要な位相と周期を見出し、加える振動の振幅を見積もれ。

(c) これらの過程の安定性を調べよ。

5 5 . 2 枚の同型の円盤があり、お互いに小さな距離離れて配置してある。上の方の円盤はワイヤーで吊されており、捻り振動をすることができる。下の円盤は、一定の振幅と周期で強制された捻り振動をしている。その周期は上の円盤の自由振動周期と等しい。2 枚の円盤を容器の中に入れる。容器では気体が薄く、気体分子の自由行程長は容器の辺の長さと比較して大きい。下の円盤に相対的な上の円盤に誘起される振動の様子とその振幅、及び最終状態にたどり着くまでの時間を定めよ。

5 6 . 質量の知れている 2 個の同型の球が、ピンと張った糸で結びつけられて、完全に滑らかな水平面上に自由に横たわっている。一定の速さで水平方向に動く垂直の棒が糸をはじく。糸が力 F で切れることが知られているとしたならば、この糸は棒の速さがいくらのとき切断するか。直接打撃を受ける糸の部分は十分な強さを持っているものとする。

5 7 . 近づいてそして遠ざかっていく飛行機の音を磁気テープに記録する。飛行機の速さをどの様にして決定できるか。

5 8 . 樽状で開口端のある共鳴器内で音波が発生している。共鳴器はその軸の周りの回転をしている。この回転は、回転方向及び反対方向に伝搬する波にどのような影響を与えるか調べよ。この場合にうなりは生ずるか、そしてその振動数はいくらか。

5 9 . 半径 R 、長さ l 、壁の厚さ h の銅製円柱が吊されている。 $h / R \ll 1$ とする。円柱の固有半

径方向振動が振動数 $f = 2000$ / 秒であるためには、円柱の形状はどの様でなければならないか。可能な他の振動についても論述し、その振動数も見積もれ。

60 . 万有引力の伝搬速度をどの様な実験手段で定めることができるか示せ。どの様な実験上の困難さがそれを実現する際の障碍となるか。

61 . 河の表面が傾斜した面となっている。川の流れの最大速度以上の速度を持つ物体は自由に川を航行することができるか。

62 . 底の近くに穴のあいた同型のバケツが2個ある(図2)。1個は水平なテーブルの上に置いてあり、もう片方はくさびの上に乗っている。くさびの面は水平面を成している。最初、両方のバケツに同じ水準まで水を入れておいたとすれば、どちらのバケツの方が早く水が流れ出るであろうか。

63 . 道路に沿って設置された衝立は雪の吹き溜まりから道を防ぐのはどうしてか。

64 . 道に沿って人が速さ u で歩いている。その人の胸に重さ P の新聞がある。新聞が滑り落ちないためには最低どれだけの摩擦係数が新聞には必要か。空気の密度を ρ 、風は人に向かって速さ v で吹いている。胸は平らとする。胸が膨らんだとしたならば、結果はどの様になるか。新聞の面積は S 。

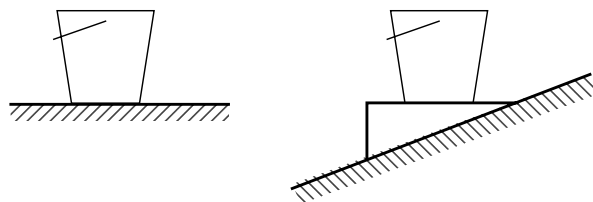


図 2

65 . 石や雨滴が水に落下したとき、しぶきが上方にあがるのは何故か、説明せよ。しぶきの飛行の高さは何に一番依存するか。石の大きさ、それとも落下の速さ? 滴の飛行の高さの最大値はいかなるものとなるか。

66 . レール上をトロッキが初速度 V_0 で走っている。レール間には溝がありそこには水が入っている。コックの付いた垂直のパイプがトロッキに固定しており、パイプは水の中に浸っている。パイプには断面が変化している別のパイプが接続している(図3)。トロッキの速度が V_0 で、コックが閉じているときには垂直なパイプ中の水はコックより上部まで上昇していることが分かった。摩擦が存在しないとした場合に、トロッキの運動を記述せよ。

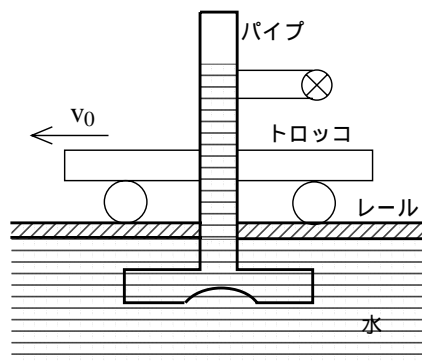


図 3

67 . 弾み車の軸に垂直な軸の周りにジャイロスコープを回転するために必用な力を加えたとき、仕事はどの様に費やされるか。

68 . 自転車のハンドルのフォーク軸は何故曲げられているのか。

69 . 4個のジャイロスコープが正方形の4辺上に置いてある。ジャイロスコープの端は自在に曲がる継ぎ手でお互いに連結されている。正方形を一つの頂点でぶら下げ、その頂点に対面している頂点には錘をつける(ケルビンのジャイロ式バネ)。正方形の辺の長さが 30 cm 、錘は 1 kg の時、正方形の対角長は 1 cm 伸びるために、ジャイロスコープにするべき運動量を定めよ。正方形が自身の形状を保存するとしたならば、錘がなければ系はどの様な運動をなすか。

70 . ブランコにジャイロスコープが取り付けられている。その軸はブランコの軸を通る面内で回転することができる。ブランコに乗った人は、ブランコを揺り動かすために、ジャイロスコープをどの様な方向に向けなければならないか。ブランコを揺り動かすための最も効率的な方法を見出し、時間に依存したブランコの振動振幅の成長速度のための表現式を導出せよ。

71 . 半径 R 、質量 M の円筒内に、軸から距離 r の位置に質量 m の錘が位置している。円筒は水平面上をどの様に転がるであろうか。円筒は滑らないものとする。

72 . 質量が M 、回転モーメントが A と B である駒が角速度 ω で面上で回転している。速度 v で飛ん

できた質量 m の弾丸が駒に当たり、それにめり込んだ。駒はどのような運動するであろうか。これにより弾丸の速さを定めることができるであろうか。

73．質量の無視できる棒を持った重いタガが垂直面内に配置され、中心を通っている水平軸の周りに回転することができる。タガの枠の厚い層には枠自身の質量となる材質が取り付けられているとする。そのような振り子の最少振動周期を定めよ。その振り子を月面上に持っていったならば、周期はどの様になるであろうか。摩擦のない液体中にそれをおいたときにはどうなるであろうか。

74．床に垂直に立っている長さ1.5 mの軸の先端に回転している弾み車に取り付けてある。弾み車の上にはプラットフォームがあり、その上には人が立っていることができる。プラットフォーム上で人が体操をしたとしても、軸が安定して立っているためには、毎分3000回転する弾み車として必要な大きさを見積もれ。

75．ある一定量の気体が球形の金属製気球内に入っている。気体の圧力を幾らとしたら、容器の重さを最少とすることができるか定めよ。

76．「やけど」を負うことなく、液体窒素が手のひらを流れることはできるのは何故か。

77．円形断面をした垂直なガラスパイプの両端は解放してある。下端に、電熱線を置き、電流を流す。空気が暖まるので、流れが発生する。パイプ中の空気の流れは一樣であると見なし、パイプの長さ、半径、注入される電気エネルギーに依存して、パイプの外と内部の間の温度差を定めよ。(ガラスを經由しての熱伝導は無視する)

78．1階の断熱膨張によって実在気体を部分的に液化するためには、どのような初期条件と終条件が必要か。空気の液化について数値的に詳細に検討せよ。

79．0.5 K以下の絶対温度をうち立てるために、実験はどの様に考慮されなければならないか。

80．室内が、年平均より温度の変動が3度越えることがないようにするために、現在使用している材料の壁はどれだけの厚さがなければならないか。

81．地球の表面の平均温度を計算せよ。この際、地球は黒体としての熱放射をし、この放射のエネルギーは太陽からの放射エネルギーと平衡しているものと見なす。地表の1平方メートルに垂直照射において、太陽のエネルギーは1.5 kWであることを適用せよ。

82．溶けた鉛の液滴が固まる落下の高さを見積もれ。

83．池が凍る時間を見積もれ。

84．天秤の片方に氷の固まりがのっており、他方には水の瓶が載っている。天秤は釣り合いの状態にある。天秤に大きな円形のふたをかぶせ、空気を急いで汲み出す。平衡状態は破れるであろうか。

85．40億年前には、月も地球も現在の地球のように大気を持っていたと仮定しよう。現在に至るまでに、月と地球の大気がどのように変化していったのかを見積もれ。

86．

(a) ウィルソンの霧箱の中で目視できる液滴を形成させるために必要な時間を見積もれ。

(b) ウィルソンの霧箱中で粒子の軌跡の形跡の厚さに影響する因子について検討し、かつそれらの値を見積もれ。

87．電気が広く導入されるまで、小出力のものとして、簡単な熱空気エンジンが利用された。このエンジンはシリンダーの冷却水、不断に加熱されている部品(クランク、ピストン)からできている。どのような条件下で、そのような熱機関エンジンが動作するのか論述せよ。

88．石炭を燃やす蒸気ボイラーにおいては、カロリーの内、 $\eta = (T_1 - T_2) / T_1$ だけが仕事に変化する。ここで、 T_1 は蒸気の温度、 T_2 は環境の温度である。ボイラーの火室から出ていく気体はその成分において空気とは異なっている。その気体に空気を混合させるならば、余分な仕事を得ることができる。効率 η の大きさの限界の可能性について評価せよ。この過程の実現のために可能なサイクルについて考察せよ。

89．大砲と拳銃からの発射における熱力学的効率を見積もれ。

90．水素と沃素の混合気体において、沃化水素の形成の可逆反応が行われる。生成される沃化水素の量を、平衡定数は概値のものと見なし、水素と沃素の初期量に依存させて、定めよ。

91．2枚の平行平板がそれらの大きさに比較して十分に小さい間隔で並んでいる。平板間に、数枚の薄くて熱伝導性の良い仕切壁、即ち遮蔽板が配置されている。以下の場合において、平行板間の熱伝導性に関して遮蔽板の影響を評価せよ。

(a) 平行平板間の空間を満たしている気体分子の自由行程長が遮蔽板間の間隔と比較して小さいとき。

(b) 気体分子の自由行程長が平行平板間の間隔と比較して大きい時。

92．マックスウェルは、気体の粘性は圧力に依存しないことを示すために、円盤の捻り振動の減衰を観測した。気体の圧力の低下と共に、円盤の振動の減衰はどの様に变化するか、追跡調査せよ。

93．長い水平なパイプに沿って分子線を実現する事ができる。物質を常温下で分子線とする。低速度で運動する分子は重力によりより大きく曲がるので、パイプの他端では温度差が発生することが可能である。これは何故、熱力学の第2法則と矛盾しないのか。

94．お互いに位置のずれた穴があいている、軸を共用した2枚の回転する平行円盤からできているセクターを通して分子線が通過するならば、良く知られているように、分子線からより速度の大きい分子だけを分離することができる。これにより「マックスウェルの悪魔」の仕事を實現することができる。これは熱力学の第2法則と一致するであろうか。

95．飛行機が音速に近い速度で飛んでいる。空気との摩擦のために、胴体は加熱される。飛行機の表面の可能な加熱温度の限界を見積もれ。

96．周りから1000気圧で圧縮したとき、銅と固体ヘリウム4のデバイ温度はどの様に变化するか。フックの法則が成り立つと仮定する。

97．10の-5乗トールの真空を維持できる容器において、直径10の-2乗の小さい穴が開いている。排気のために必要なパイプの直径と真空ポンプの出力を求めよ。

98．エレンハートとミリケンの古典的な実験において、電子の荷電を定めるために、水銀の帯電した液滴が平行平板からなるコンデンサー間に位置している。このところにおいて、液滴に作用している重力は静電気力と釣り合い、これが十分に電子の荷電を定めることができるようにしている。この測定精度に粒子のブラウン運動がどの様に影響するか、解析せよ。

99．鉄とアルミニウム製の2枚の滑らかな円盤がある。これらの表面が水に濡れにくい限界の直径を定めよ。円盤の厚さはその直径より十分に小さいとする。

100．異なった直径を有する円筒形状の、半田付けされて連結された、2つの容器が水で満たされている。無重力状態において、容器間の水はどの様に配分されるか。水の代わりに水銀ではどうか。

101．一定の毛細管を通じて大気と通じているシャボン玉の消滅時間を見積もれ。

102．流水に釣り糸を垂らすと、その周りに動かないさざ波の様相が観測される。この現象は何故可能なのかを説明せよ。

103．膝型をしたパイプが一つの端をポンプと連結している。ポンプは一定の圧力Pで水を吐き出す。ポンプの水の最大排出力は Q l / 秒。膝型パイプの水平部分には、最初は質量 m の栓がパイプの開放端から距離 l の所に付いている(図4)。パイプの断面積が S 、大気圧が p_0 、パイプと栓の間の摩擦は無視できるほど小さいとしたならば、栓はどのような速度で飛び出すか。

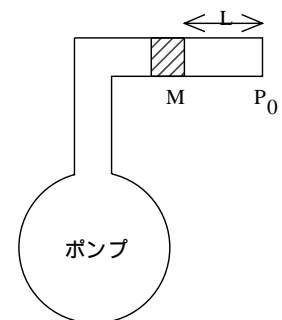


図 4

104．一定の厚さのピンと張った石鹸膜上を2次元波が伝搬する速度を定めよ。その速度の範囲も見積もれ。

105．帯電した金属球の中心のポテンシャルを見出せ。球の帯電は

q、半径はR。

106．土壤の熱伝導値を利用して、温度の季節変化の地核への浸透の深さを見積もれ。バイカル湖の湖底について、温度の季節振動を同じようにして計算せよ。

107．概値の量だけポロニウムで覆われた絶縁された銅球が真空中に置かれている。粒子の飛散により球は帯電する。時間に依存したそのポテンシャルの成長量と、その限界値を定めよ。

108．金属セシウムでできた一定の大きさの絶縁球が真空中に置かれ、片方の側面を日光で照らされ、光電効果により帯電している。時間に依存したそのポテンシャルの変化を見積もれ。

109．図5に、液滴式静電装置が図解されている。パイプから完全に絶縁された金属球に、一定のポテンシャルまで帯電された水滴が落下する。液滴の落下の高さに依存して球が帯電される限界のポテンシャルを定めよ。

110．シャボン玉を、周りの空気による破壊強度の限界のポテンシャルまで充電する。その半径はどのだけ変化するか。

111．放射線のエネルギーで動作する時計は、箔検電器の軸の部分に置かれた微量の放射性物質からできている。放射線の放出と荷電の喪失により、検電器は常に帯電され、検電器の箔は傾いていく。ある角度に達したとき、箔を接地し、最初の状態に戻る。1分間の振動周期を持つそのような構造の時計を試算して見よ。その様な時計の精度も見積もれ。

112．一定の大きさを持った金属円柱が振動数 ω で縦振動をしている。電子は自由に金属内部を動くものとして、円柱の両端にどのような荷電が発生するか。円柱が絶縁体で作られ、その誘電率を ϵ としたならば、その様な軸の両端にはどのような荷電が発生するか。

113．誘電体でできた平板が一様な電場の中にある。この板に作用する力のモーメントを定めよ。

114．平板コンデンサの両端が一定電圧Eの蓄電池に接続してある。平板間には帯電した球があり、重力場の中でぶら下がっている。平板間の距離を変化させると球はどのように動くか。

115．実際上において、大きな電力を得るために、電気盆式ではなく電磁式機械を利用するのは何故か。

116．導線の片方が正のポテンシャルを持ち、他端が負のポテンシャルを持っているならば、導体を伝って電流はプラスからマイナスに必ず流れる。では、図6に示してあるように、回路が開いた中のランプは何故点灯しないのか。

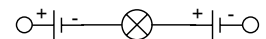


図 6

117．弦電位計の感度は何によって制限されるか。また感度とはどのようなものであるか。

118．地球の重力場と電子の間の相互作用を観測する実験の可能性を分析せよ。

119．電流を計測する装置の一つとして、電氣的に変化する熱装置があり、図7に示したような構造をしている。ピンと張られた細い導線a-b間に測定電流を流す。導線は加熱し、伸び、バネにより曲げられる。バネに取り付けた糸は、指針が固着された円柱の周りに巻き付いている。指針の傾斜と電流の関係を見出せ。このような装置の、一定電流に対する最大感度の条件を見積もれ。

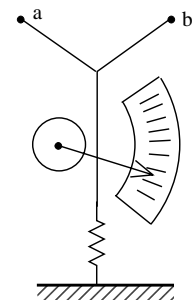


図 7

120．白熱電球が交流で点灯している。そのフィラメントの温度は時間と共にどのように変化するであろうか。フィラメント温度のフィラメントの太さ、フィラメントの材料、その他に関する依存性を見積もれ。

- 1 2 1 . 普通の 5 0 W 白熱電球が電源から交流で点灯されている。電球がアルゴンガスで満たされているとして、スペクトルの可視領域の光の強度の振幅を見積もれ。
- 1 2 2 . ウィンストン・ブリッジは定常電流下で働き、平衡がとれる。その回路の一つに交流を流す。交流がオームの法則を破るものとしたならば、ブリッジの平衡はどの様に説明されるのか吟味せよ。
- 1 2 3 . 家庭に電気エネルギーを供給している発電所で、間違っ、電圧計の所に電流計を取り付けて、発電機のスイッチを入れた。発電所では何が起こるか。
- 1 2 4 . 真空中の磁界の中にある電子が円軌道を描いている。この軌跡のある箇所に 2 枚の格子（グリット）が配置されている。格子間にはポテンシャル差がある。そのため、電子がそれらの間を通過する毎に、電子の速度が変化する。どのような条件ならば、その速度は不断增加するか。
- 1 2 5 . その長さの方向に垂直に水平な導線を動かすと、地球磁場の存在により、導線の両端にポテンシャル差が発生する。これについて計算をせよ。更に、次の問題を吟味せよ。実際上において、この現象を飛行機、船、人工衛星等の地球に対する運動速度の測定のために使用してはいけないうか。
- 1 2 6 . 人工衛星は地球磁場の中を動いている。どのような電磁現象が人工衛星に生じるか。地球は一樣に磁化した球として、この現象の大きさを論じ、値を見積もれ。
- 1 2 7 . 水が電気伝導性を有していたとしたら、河を流れている水に対して地球磁場はどのような電磁現象が発生するか述べよ。
- 1 2 8 . 液体の流速を計測する次のような方法が提案されている。液体を混合物の助けを借りて伝導性とし、流れを磁場中に置く。速度を定める点に 2 本の導線でできたセンサーを立て、それらの間のポテンシャルの差を観測する。この方法を実際に実現する際の問題を審議せよ。
- 1 2 9 . 直径 d の細い導線に電流 I のパルスを流す。時間 t 後に、導線を破断する。磁場を計算し、どれだけ最大の磁場をその様な方法で得ることができるか。磁場の存在時間は何に等しいか。
- 1 3 0 . 磁極の間に、2 本の平行導線がピンと張られ、それらの上に導電性の平板が自由に横たわっている。容量 C のコンデンサをポテンシャル V まで充電し、2 本の導線と平行板でできる回路を通して放電させた時、平板の運動を描写せよ。ただし、磁場は方向は垂直で、回路の面に垂直である。
- 1 3 1 . 避雷針が、直径 2 c m、壁の厚さ 2 mm の円形の銅パイプを經由して大地と連結している。雷の衝撃の後、パイプは円形の軸に変化した。この現象を説明し、雷放電の電流を概算せよ。
- 1 3 2 . 地球磁場を電流でもって補償するために、必用な銅製導線の最少断面積、必用な電流源の出力、そしてどれだけのエネルギーを注ぎ込まなければならないか見積もれ。
- 1 3 3 . 地球磁場に対する、厚さ d 、半径 R の中空の球状鎧の遮蔽効率を計算せよ。この鎧が鉄とパーマロイで作られていた場合の遮蔽効率を比較せよ。
- 1 3 4 . より正確に磁場を測定することができるのはどれか、吟味せよ。弾道ガルバノメーターか、それとも磁束計か。
- 1 3 5 . 銅製円筒が高速で回転することによって発生している磁界の強度を求めよ。地球の磁化をこの効果で説明することは破綻することを示せ。
- 1 3 6 . 磁場中で中性子を保持する可能性について考察せよ。
- 1 3 7 . 長くて薄い壁でできた銅の円筒が自身の主軸の周りに強制振動をしている。金属柱の自由電子の慣性質量のおかげで、電子は円筒の振動と位相がずれ、円筒内に交流磁場を作り出す。この場を算出し、実験でこれを測定できる可能性について見積もれ。
- 1 3 8 . トランスにおいて、一次側の電流が切れると、二次側に過電圧が得られなくなるのは何故か。と同時に、過電圧は誘導回路のおいてどの様にして発生するのか説明せよ。
- 1 3 9 . トランスの一次側の端子に、矩形波の電圧パルス印加する。トランスの特性に依存して、

その波形は二次側の端子でどの様に歪むか。

1 4 0 . コイルがあり、その中には永久磁石が差し込んであり、コイルの端子はコンデンサに接続している。概値量。コイルの自己インダクタンス、コンデンサの容量、永久磁石で形成されている磁束。コイルから急激に磁石を取り去った時、及び磁石を非常にゆっくりと取り去った時、回路に発生する電気現象について記述せよ。両方の場合について、磁石を取り去る際に成される仕事について見積もれ。

1 4 1 . 半径 r の導線一巻きに沿って、電流 I が流れている。コイルの軸に沿って配置されているモーメント m を持った小さい磁石に作用する力の最大値を見出せ (図 8)。

1 4 2 . ソレノイドコイルの大きさとそれに流す電流が決まっているとする。ソレノイドが垂直に立っているとして、鉄製コアがソレノイドの上方から最大の力で入り込む時の、コアの大きさと配位を見積もれ。

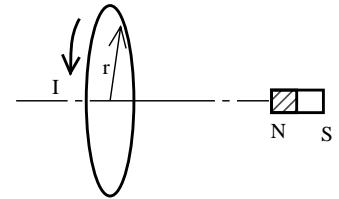


図 8

1 4 3 . 長さ 3 0 0 c m、内径 50c m、磁場 6 0 k エールステッドの超伝導ソレノイドを作った。このソレノイドの軸の上方 1 5 0 c m に、断面積 2 0 0 平方 c m のクレーン用の梁がある。梁の長さはソレノイドの長さより十分に長く、梁はソレノイドの軸に垂直に配位している。ソレノイドが梁を引っ張る力を見積もれ。

1 4 4 . 電流の流れているソレノイド内を伝導性の円筒が飛ぶ。ソレノイドの磁場内で、円筒がソレノイドを通過しないための条件を求めよ。円筒とソレノイドのオーム抵抗は無視できるものとする。

1 4 5 . 次のような原理で動作する磁気大砲を提案する。ソレノイドのそばで、その軸に沿って円筒 (砲弾) を配置する。外部からソレノイドに電流を流す。引き込まれた円筒がソレノイドの中間に達した瞬間に、自動的に電流を切る。実際においてその様な大砲で実現される砲弾の初速度を見積もれ。電源の必用なパワーも見積もれ。

1 4 6 . 電流の流れた水平状態にある円形コイルによる磁界中で、超伝導体の球が釣り合うための条件を見出せ。

1 4 7 . 一様磁場中に、長い円柱の超伝導体が置かれている。その軸は磁場の方向に垂直である。超伝導体の表面における磁場の大きさと方向を見積もれ。

1 4 8 . 一定の容量で一定のポテンシャルまで充電されたコンデンサーから、どのようにして最大の放電が得られるか。

1 4 9 . 同じ電気エネルギーをコンデンサーではなく超伝導コイルに蓄えたとすれば、構造の重さ及び大きさでどれだけの特となるか。

1 5 0 . ライデン瓶中の放電で、エネルギーのどれだけの部分が音に変化するか。

1 5 1 . 6 個のスイッチがある。どれも押されていなければ、ランプは消灯状態にある。1 番目、2 番目、5 番目のスイッチを同時に押すと、ランプは輝き出す。他のどの様な組み合わせでスイッチを押してもランプは点灯しない。その様な性質を有する最も簡単な電気回路図を描け。

1 5 2 . 金属銅製の超伝導ソレノイドが体積充填率 0 . 5 でできている。外径 1 0 c m、内径 2 c m、高さ 1 5 c m。内部磁場は 5 0 k エールステッド。コイルの超伝導が突然破れた。銅の加熱温度を定めよ。

1 5 3 . 導線でできたソレノイドがバッテリーに接続されている。導線を急激に引き伸ばすと、回路の電流はどの様に变化するか。

1 5 4 . L と C が知れた振動回路がある。その回路で振動を観測できる最小の電流を見積もれ。

1 5 5 . (後半の文章未解読) オシロスコープにおいて、電子ビームは 1 0 0 0 V のポテンシャル下で作られている。ビームの偏向は長さ 2 c m のコンデンサで行われている。走査において、矩形パルスはどの様に記録されるか。

156. 基本的な形状が図9に示されたような、極めて簡単な電子観測器がある。金製の花びらは長さ2cm、厚さ0.1ミクロンである。この観測器を300V間で加圧したとき、花びらの傾斜角を見積もれ。

157. 高速荷電粒子をコンデンサ、コイル、共振器で誘導効果によって観測することの可能性を評価せよ。

158. 絶縁物の平らなそうで覆われた、円形で一様な鉄製コアに、方形の断面をした導線が1層まかれている。導線には一定電流が流れている。電流の突然の中断による現象を描写せよ。コイルの両端での過電圧を見積もれ。過電圧が10万Vになるためのその様な装置の寸法を計算せよ。

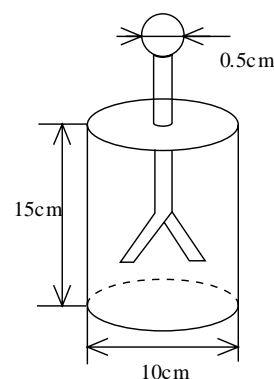


図 9

159. (意味不明) 導電性の円筒が長い1層のソレノイドで取り巻かれている。それらの間には小さな間隙がある。その様な系における電波の伝搬速度は近似的に、そのコイルの長さに対するソレノイドの長さの比をかけた光速に等しいことを示せ。

160. 孤立した永久磁石があるポテンシャルまで帯電するならば、その周りには同時に、定常電界Eと磁界Hが存在し、ポインティング・ベクトル $S = (E \cdot H) c / 4$ はゼロとはならない。それはどのような電磁放射に相当するであろうか。

161. 半田で接合されたパイプ中に、一定の圧力と温度の空気が入っている。パイプの片方は一様な磁場中にある。酸素の常磁性にのため、パイプに沿って空気の密度の再配置が発生する。

(a) パイプに沿っての濃度の変化の大きさを見積もれ。

(b) 過程が確立する時間を見積もれ。

(c) 空気から酸素を分離するために、この過程を利用することの可能性を調べよ。

162. 常圧下にある酸素と窒素の混合液体の入った円筒容器がソレノイドの中に置いてある。容器の一端はソレノイドの中央に、他端は外部にある。ソレノイドの内部の磁界が300kGに等しいとき、混合液体の様々な濃度での液体の静水圧を定めよ。

163. グラファイトに於いて、6回対称の結晶主軸方向と、それに垂直な2つの方向に於いて、異なった3つの磁化率を有することを、本田は実験で発見した。グラファイトは強磁性物質の混合物であるとして、その様な結果が可能であることを示せ。

164. (意味不明) 鏡面状の表面を有する直径dの細い金属導線の抵抗は何に等しいか。抵抗はバルク金属のパラメータで表記されるものとする。(自由行程 $l \gg d$ とする)。

165. 講義で強磁性体にはキュリー点が存在することをデモするために、次のような実験をする。星状のものA、それを取り付けている棒は強誘電材料でできており、永久磁石Bの近傍を回ることができるようになっている(図10)。磁石のそばにランプCを置くと、A点は回転するようになる。このエンジンの熱学的効率を見積もれ。

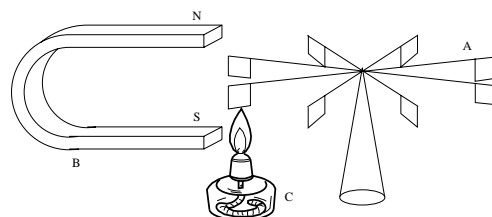


図 10

166. 20kエールステッドから100エールステッドまでの減磁の後、常磁性塩 $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ が獲得する温度を計算せよ。ただし、この塩は全温度領域でキュリーの法則に従い、スピン・格子網の緩和時間は減磁の時間より十分に大きいものと見なす。初期温度は1Kとする。

167. 140kエールステッドの磁場は、ニッケルのキュリー点及び磁化度の温度依存曲線にどのような影響を与えるか。

168. 電氣的、磁氣的、或いはその他の力により、重力と安定して釣り合わせ、物体を自由に空中

に浮かすことができるか（マホメットの棺）。

169．円筒形状の永久磁石が超伝導面上で舞っている（アルカディエーフの実験）。円筒と面間の間隔を定めよ。

170．超伝導体の平らな表面上空に、軸方向に磁化した円筒形の永久磁石が安定した状態で舞っている。垂直線の周りの磁石の固有振動数はどのような範囲にあるか定めよ。

171．アイルトンの研究によると、アーク放電における電圧と電流の関係は $E = a + b / i$ 。ここで、 a と b は定数、 i は電流。供給する電圧に対するアーク放電の安定性を吟味せよ。

172．赤い液体の入った容器を、青い液体の入った容器内に入れると、赤い液体はどのような色に見えるであろうか。

173．シャボン玉の膜からの白色光の反射を、シャボン玉の大きさ及び膜の厚さと関係させて、論述せよ。

174．（意味不明）その装置を使用すれば、リプマノフスキー（？）写真を、両方の目が同じ色に見えるように識別できる光学装置の製作の可能性を考察せよ。

175．視界が100mで、霧が1時間続く場合、霧の1立方cm当たりどれだけの水滴が存在するであろうか。

176．室内での会議の1時間後までたばこのにおいが強く残っている。部屋に差し込んでいる太陽光線は1cmの距離で10の-5乗の大きさに散乱される。煙による空気の汚れの程度を見積もれ。

177．電磁波のプラズマでの吸収は磁場の大きさにどのように依存しているか（波は磁場に沿って伝搬しているとする）。

178．温度 $T = 3000\text{ K}$ 、圧力 $p = 1\text{ atm}$ の水素プラズマ中を通過する 1 keV のエネルギーを持った電子ビームのエネルギー損失を見積もれ。

179． 10000 eV のエネルギーで、 1 A の電流である真空中の電子ビームが強度 1000 エールステッドの磁場に沿って運動している。その様な系に於いて不変に保たれる最少の電子ビームの断面積はどれほどか。

180．太陽光の集光用レンズや鏡の焦点で、どのようにしたら最大の温度を得ることができるか。この温度は太陽の温度と比較するとどうであろうか。

181．現代では、写真撮影に於いて、明るくするため、圧力下で酸素を充填したガラス製アンプルが用いられる。アンプル中にはアルミ箔が入っており、フィラメントが灼熱すると燃焼する。この場合における可視光線の量を見積もれ（フラッシュランプがこの例に当たる）。

182．宇宙空間では、銅球はどのように冷えるのか。

183．速度 1 km/s 、長さ 15 m 、直径 2 m の砲弾「ファウ - 2」を、その落下地点からどれだけの距離まで、バロメータ（温度変化を抵抗変化にして温度の変化を測定する装置）で観測することができるか。

184．熱い回折格子からの熱放射について考察せよ。

185．対物レンズを持たないカメラ（注釈：ピンホールカメラ）の針の穴の最適な大きさの存在について吟味せよ。

186．中性子顕微鏡の分解能は電子顕微鏡の分解のより大きくなるであろうか。中性子顕微鏡の実現における原理上の困難さを検討せよ。

187．一定の物体と一定の光源を用いて、最もコントラストがあり、切れの良いシルエットをどのようにしたら得ることができるか、検討せよ。

188. 小さい正方形の頂点にあけられた4個の小さい穴から、スクリーン上に得られる干渉図を描写せよ。スクリーンは穴から十分離れており、光波は平面波とする。

189. レーザーからの照射光が2経路の干渉計を通過する。光線の一つはソレノイド内を通過する。光速度にどのような変化が生ずるか見積もれ。ソレノイドの磁場が引き起こす光速度の変化は干渉計の干渉縞の変位量で見出されることが出来るものとする。その変化は

190. 等間隔に離れた平面上に、お互いに平行に n 個のアンテナが配置してある。波長 λ と比較して十分に大きな距離離れたある点 O で、強度の最大を得なければならない。 O 点における強度が最大になるためには、アンテナ間の距離、及びアンテナ中における振動の位相関係をどのように選ばなければならないか。この時の強度は、アンテナが1本の時の何倍か。

191. ゼーマン効果と同じ現象を、原子による光の吸収と放出において、最も感度の良い光学手段で観測するためにはどれだけの回転数で物体を回転しなければならないか。

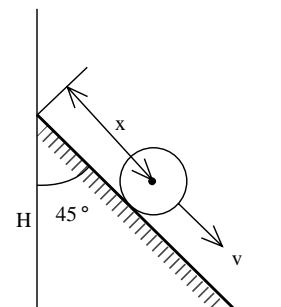
192. 空間中に質点の無限集合がある。その内の一つ、 A 点は静止している。それ以外の点は A 点に対して様々な方向へ、 A 点に対する距離に比例した速度で、飛び去っている。これらの点の一つに観測者がいる。その点を例えば B 点とする。彼は他の質点の運動の様相をどのように観測するであろうか。

193. 線形加速器は、1500万Vの電圧で、2MWの電子ビームを作り出す。電子流に対向してルビーレーザーからの光線が向かっている。電子ビームによる光の散乱はどのような様になるか。

194. クルスク放射計(?)の翼の回転速度に気体の成分と圧力はどのような影響を及ぼすか。

195. 一様な磁場 H の中を、一定の速度 v を持った電子が半径 r の円軌道を描いている。もし磁場がゆっくりと大きさ H 変化するとしたら、電子の運動はどのように変化するのであろうか。この変化量は軌道の中心に荷電 e を置くことで補償することができるか。

196. 高さ $H = 1\text{ km}$ 、傾斜 45° の山から、滑ることなしに、雪の固まりが転げ落ちながら成長している(図11)。山の麓での雪の固まりの速度を定めよ。



197. 数cmの半径を有する長い円筒パイプの片側に、サイレンとして使用できるような蓋が取り付けられており、パイプの他端は開いている。蓋は1000Hzのオーダーの周波数で、気体が通過することを許す。パイプ中の気体の波動と温度を論述し、波の減衰特性を評価せよ。このような蓋の可能な構造を提案せよ。

198. 瞬時にトランポリンネット(バネで吊された平らな面)をつついた運動者は、飛び跳ねる高さを増加させる。このネットのバネの最も効率的な構造を考察し、何が跳躍の高さを制限するか説明せよ。

図 11

199. 人の足が天井にひつつくならば、蠅が天井をはい回るように、人も天井をはい回ることができよう。鉄製の天井なら、磁石の靴を用いれば、これを行うことができよう。その様な靴の構造を考察せよ。

200. 2個の人工衛星がお互いに向かい合って飛行している。それらが正面衝突するとどのようなことが起こるか論述せよ。

201. 電子ビームの集束精度は何によるのか、論述せよ。現代のテレビに於いて、電子ビームの集束の精度はいかなる程度か。

202. 人間がポールを用いて飛び上がることでできる高さを評価せよ。ポールの断面積を定めよ。

203. 隕石によって残されたロート状の穴の破壊の面積、或いはその大きさはどのようなものか。隕石が反物質でできていたと見なしたならば、その質量を見積もれ。

204. 室温に於いて、空気が1%イオン化しているのは圧力がいかほどの時か。実験室の条件下でこれは実現可能か。

205．赤道に巻いたケーブルに電流を流し、地球を磁化するためには、どれだけのパワーを消費しなければならないか。得られた結果と自然の地球の磁化との間にはどのような関係が存在するか吟味せよ。それを超伝導で行うとすれば、必要なケーブルの断面積を求めよ。

206．直径 D の N 個の球がお互いに間隔 l 隔てて並んでいる。最初の球に、打撃により速度 v を伝える。最後の球は、隣の球からどのような速度で動き始めるか算出せよ。また、最初の球を突いた後に経過した時間も見積もれ。2通りの場合についてこの問題を考察せよ。

(a) 球がテニスボールの時。

(b) 球がビリヤードの玉の時。

計算は、球の回転及び、表面との摩擦を考慮しないで行え。

207．真空中に、小さな坩堝が置いてある。それからカドミニウムの同位元素の混合物が蒸発している。蒸発した気体は隔壁を通過し、分子ビームを作る。端に穴の開いた2枚の円盤をこのビームは通過する。2枚の円盤は共通の軸上にあり、高速で回転している(図12)。ビーム中の分子がマックスウェルの速度分布即に従ってるとしたならば、このような方法によって得られる同位元素の分離の程度はいかなるものか、評価せよ。

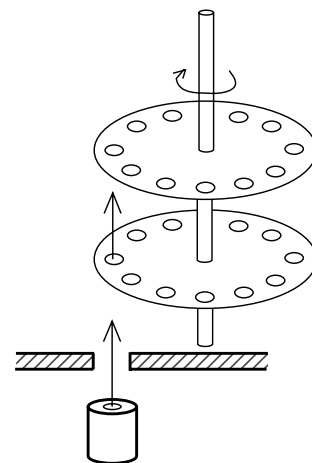


図 12

208．バン・デ・グラフ発電機は窒素の15気圧下で500000Vの起電圧を与える。1kWの出力を得るためのベルトの幅を求めよ。

209．窒素を液化するための装置のターボ圧縮機に於いて、回転子は角速度 $\omega = 18000$ 回転/分で回転し、 $r = 0.01$ mmの精度で釣り合いがとられている。回転子の質量 $m = 100$ kg、地面上に置かれた基台とその上にのったコンプレッサの質量 $M = 3$ t、建物内での揺れが100分の1となるために、土台の上に接地すべきバネを定めよ。

210．女子学生が遅れて講義室に入ってきた。彼女は香水「美しいモスクワ」を降りかけていた。教授が香水の匂いを感じ取るまでの時間を求めよ。

211．紙に穴を焼き開けるために必要なルビーレーザーの出力を定めよ。

212．平らな平面の上に、それに平行に距離 $h = 1$ cmのところに、長さ l 、直径 d の円筒磁石が配置している。磁石は、その中心を通っている垂直軸の周りに回転している。平面を銅としたならば、その平面でのエネルギーの散逸を計算せよ。磁石の大きさ、 $d = 1$ cm、 $l = 10$ cm、磁石の磁化 $B = 10000$ ガウス、回転角速度 $\omega = 10000$ /秒。

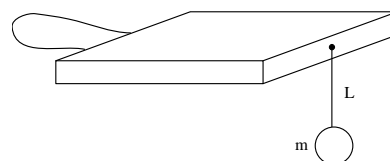


図 13

213．昔、番人は、板の片方に取っ手が付いて、他方には質量 m の玉が結びついた長さ l の紐が付いている木槌を用いていた(図13)。この木槌の取っ手をどの様に動かせば、玉は周期 T でカラカラ鳴るか定めよ。

214．円筒形のデュアー瓶が液体酸素で満たされている。デュアーの底には小さいヒーターがある。そこから気体の泡が上方に昇っている。泡の経路途中で強い磁場の領域がある。磁場を通過したとき、泡の形状はどのように変化するか記述せよ。

215．間隔 $a = 1$ mm、長さ $l = 10$ cm、の2枚の平板の間を気体が流れている。気体はアルゴン10%を含んだヘリウムの混合物である。平板は液体ヘリウム温度まで冷却されており、アルゴンだけを吸着する。吸着は完全と見なして、ヘリウム混合物を0.01%まで純化するためには気体の流れの速さを幾らにしなければならないか見積もれ。

216．船に、風車式製粉所の形式の風力原動機が設備されており、船のスクリューを回す。

217．日食の際、煤の付いたガラスから太陽を人は観察する。この実験に於いて必要な煤の厚さを見積もれ。

2 1 8 . 直径 $D = 2 \text{ cm}$ の真球に直径 $d = 0.1 \text{ cm}$ の穴が開いている。穴の前には、直径 $A = 20 \text{ cm}$ 、焦点距離 $F = 20 \text{ cm}$ のレンズが置いてある。太陽の像が球の穴の地点にできるようにレンズを設定する。球の内部の表面は理想的に反射をし、銀メッキされているとして、球内の放射強度に対応する温度を見積もれ。

2 1 9 . 2 つの円形磁極の間隙に水平な磁場が形成されている。その間隙を通過して銅板が落下するときの速さを見積もれ。銅板の面積は磁石の磁極の断面積より十分に大きいものとする。

2 2 0 . 空気の入れ方が不十分な自動車の車輪は、何故転がりの調子が悪いのか説明せよ。空気タイヤの転がりについて損失の性質を記述し、かつ見積もれ。

2 2 1 . (意味不明) ボルタ・アーク (?) は一定電流を源とし、一定の周波数で変調することができる。周波数帯域と変調振幅に依存した放射される音波の強度を見積もれ。

2 2 2 . 自動車「ジグリ」が 90° の方向転換をしたとき、ひっくり返る速度を見積もれ。

2 2 3 . 半径 r の針で厚さ d のゴム板を突き刺すためには、どれだけの仕事を費やさなければならないか見積もれ。

2 2 4 . コンデンサが長さ $l = 2 \text{ cm}$ 、半径 $r = 0.01 \text{ mm}$ の銅線を経由して放電される。放電の瞬間に発生する、銅線の表面における最大の方位磁場を見積もれ。

2 2 5 . 相手のロケットに命中させるためには、自分のロケットから石をどの様に投げなければならないか。

2 2 6 . パチンコから発射された石の到達距離が最大になるために、石の大きさを見積もれ。空気の抵抗を無視する。

2 2 7 . 古い時代には、ほとんど同じ唇動きにより、手を暖めたり、お茶を冷やしたりすることができることに、人々は驚いた。当時の学者はこのことを、暖かい分子と冷たい分子が出てくることでこれを説明していた。口を軽く開けると、冷たい分子より暖かい分子がより長くとどまる、と彼らは考えた。君かこれをどの様に説明するか。

2 2 8 . 両端が閉じられた長いパイプが、電解溶液で満たされている。例えば、塩化銅。パイプの片方の端には強い磁場がかかっている。もしイオンが磁気モーメントを持っているならば、磁場の影響により、イオン濃度の変化が生ずる。室温におけるこの変化を見積もれ。

2 2 9 . 水が満たされた貯水タンクの底に、正方形をした物体がある。貯水タンクの上にはカメラが取り付けられてあり、その光学軸は、正方形の中心を通り垂直である。フィルム上にこの正方形はどの様に写るであろうか論述せよ。

2 3 0 . 干渉計に於いて、その一つの光路上に水が満たされた円筒が置いてある。10気圧の圧力の増加による水の密度の増加に伴い、干渉模様は、一縞だけの縞の移動が生ずるには、円筒はどれだけの長さがなければならないか論述せよ。緑色の単色光光源を利用するものとする。

2 3 1 . サーカスには、円筒形のロール 3 の上で揺れたり、転がったりしている板 2 の上で曲芸師 1 が立ち上がっている出し物がある。この場合、板 2 は湾曲している必用がある。一般的な物理的考察により、次の問題を審議せよ。どの様な大きさの円筒で、平ら或いは曲がった板で、またどの様な状況下で、曲芸師はより簡単にバランスがとれるのか。

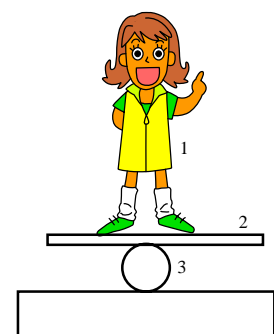


図 1 4

2 3 2 . 円筒形の共鳴領域 A はピストン B の動きで変化する (図 1 5)。この領域の壁は超伝導金属でできており、転移点温度以下にあるとする。この領域には電磁波が発生しており、超伝導の壁のおかげで減衰することはないとする。ピストンが動いたとすれば、振動の波長及び強度は変化する。これがどの様に進行するか吟味せよ。また、超伝導が喪失する振動数のしきい値を定めるために、この現象を利用する際の実験上の困難さを吟味せよ。

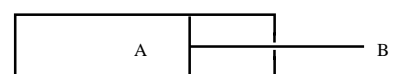


図 1 5

2 3 3 . (少し理解が困難) プラズマの体積があり、速度が、 $V_z = V_0$, $V_y = 0$, $V_x = 0$ の分子が存在している。空間は成分が、 $H_z = H_0$, $H_y = 0$, $H_x = 0$ の磁場が満たしている。分子同士の衝突により、この初期条件は変化する。

プラズマ中での分子ビームの緩和時間を見積もれ。この際、プラズマ温度はしきい値より十分に高いと見なす。

2 3 4 . 太陽の中心まで貫通する穴を開けたとしよう。周辺から中心に向かってこの穴を動いていく物質はどの様に振る舞うか論述せよ。

2 3 5 . 2 個の同型の小球が衝突する。衝突後の小球のなす軌跡間の角度の大きさを見積もれ。

2 3 6 . 水平平面が振動数 ω で上下に調和振動をしている。面上には粒子がある。この粒子は振動数 ω 、平面の振動振幅の変化と共にどのような運動をするであろうか。この際、粒子と平面との衝突において、粒子は平面の温度を直ちに受け取るものと見なす。

2 3 7 . 2 つのソレノイドの間に、こその間に硬貨を挟んだ 2 枚の鉛板が位置している。それらの間に吸引力が発生するように電流を供給する。鉛板に硬貨の跡を残すためには、ソレノイドにどれだけのパルス電流を流さなければならないか調べよ。

2 3 8 . 時計の振り子の減衰を小さくするために、真空中 (10^{-5} から 10^{-6} トール) に置く。振り子はどのような形状であれば減衰が最少になるか説明せよ。室温に於いて、希薄な空気中で振動している、振り子の形状が最適化されたときにおいて、減衰係数の大きさを見積もれ。

2 3 9 . 人工衛星から地表にロープを垂らす。人工衛星とロープは地球と同じ角速度で回転するという条件下でその様なシステムの規模を考察せよ。人がロープを伝って人工衛星まで昇っていったとすると、システムの運動にはどのようなことが生ずるか。ロープの強度は無量大と見なす。

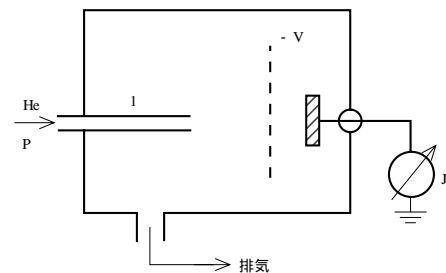


図 1 6

2 4 0 . 圧力 p の真空領域内にあるタングステン製パイプの中をヘリウムが流れている (図 1 6)。パイプはタングステンの熱的強度の限界温度まで加熱されている。真空領域内に入ってきた気体のイオンはポテンシャル V で加速される。このような方法でどれだけのイオン流が得られるか見積もれ。

2 4 1 . 海洋中にある全重水素が熱核反応の方法で熱エネルギーを得るために利用できるとすれば、地球はどれだけ加熱されるか見積もれ。