早稲田大学 2021年度
一般選抜 教育学部

物　　理

(問　題)

2021年度

〈2021　R03150015（物理）〉

注　意　事　項

1. 試験開始の指示があるまで，問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 問題は２～７ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚損等に気付いた場合は，手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて，ＨＢの黒鉛筆またはＨＢのシャープペンシルで記入すること。
4. 記述解答用紙記入上の注意
   (1) 記述解答用紙の所定欄（２カ所）に，氏名および受験番号を正確に丁寧に記入すること。
   (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
   (3) 受験番号の記入にあたっては，次の数字見本にしたがい，読みやすいように，正確に丁寧に記入すること。

数字見本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

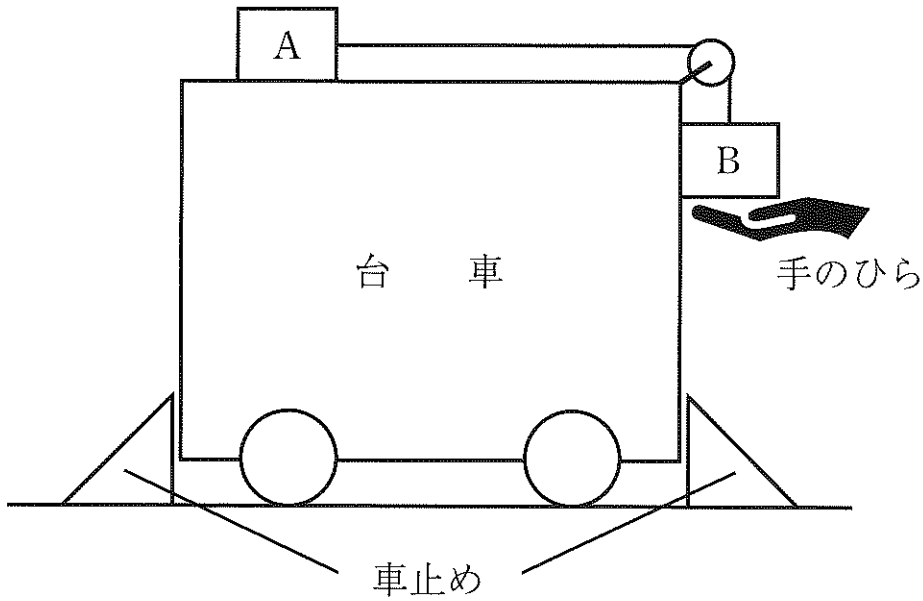
   (4) 受験番号は右詰めで記入し，余白が生じる場合でも受験番号の前に「０」を記入しないこと。

(例)　3825番⇒

万	千	百	十	一
	3	8	2	5

5. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
6. 試験終了の指示が出たら，すぐに解答をやめ，筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
7. いかなる場合でも，解答用紙は必ず提出すること。
8. 試験終了後，問題冊子は持ち帰ること。

［Ⅰ］ 図Ⅰ－1のように，なめらかで水平な床の上に滑車のついた質量 M の直方体の台車が置かれている。同じ質量 m をもつ物体A，Bを，伸び縮みしない軽い糸でつなぎ，滑車にかけた。物体Bはつねに床に垂直な台車の側面から離れることはなく，なめらかに上下することができる。物体Aと台車の上面の間には摩擦力がはたらき，静止摩擦係数を μ_0，動摩擦係数を μ（$\mu < \mu_0 < 1$）とする。それ以外，すべての摩擦は無視できる。また，滑車と糸の質量は無視できる。図の右方向を正の向きとし，重力加速度の大きさを g として，以下の設問に答えよ。



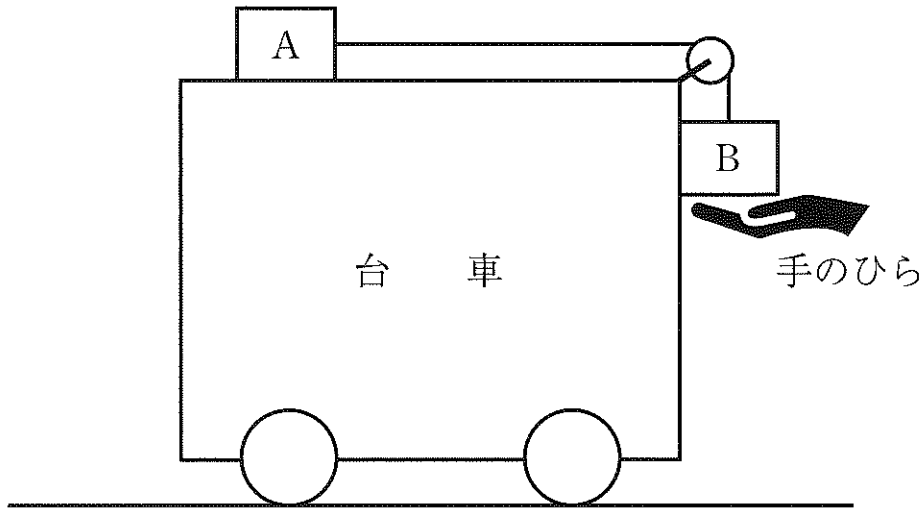
図Ⅰ－1

はじめに，台車には車止めをつけて動かないようにし，物体Bは手のひらで支えられている。

問1 糸がたるみなく張られていて，物体Aにはたらく摩擦力が最大のとき，物体Bが手のひらから受ける垂直抗力の大きさを μ_0，m，g を用いて表せ。

問2 糸がたるみなく張られているとき，手のひらを静かに取りさったところ，糸はたるまずに物体A，Bが動き出した。このときの物体A，Bの加速度の大きさと糸の張力の大きさを，μ，m，g のうちから必要なものを用いて表せ。

次に，図Ⅰ－2のように車止めを外して，台車が左右に動けるようにした。以下の設問では図の右方向を正の向きとして答えよ。



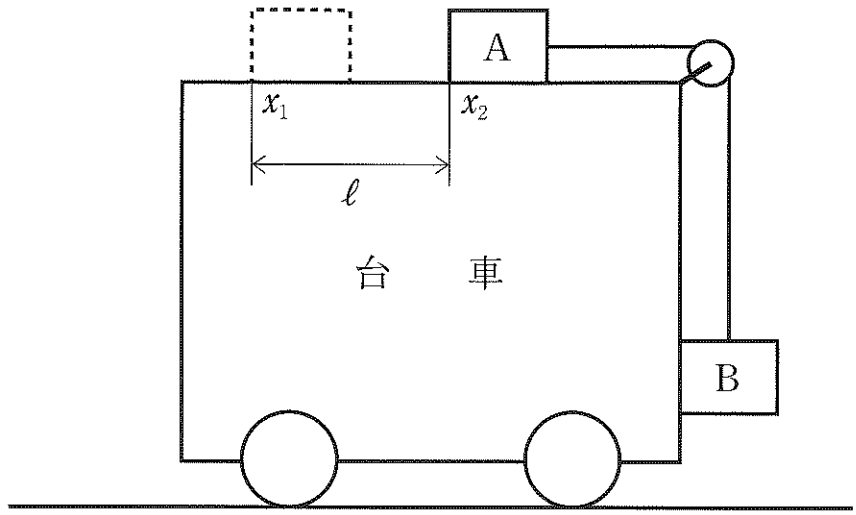
図Ⅰ－2

問3　台車と物体A，Bは静止していて，糸はたるみなく張られている。手のひらを静かに取りさったところ，台車が動き出した。このとき，台車には滑車を介して糸の張力がはたらいている。台車から見た物体Aの加速度を a，床の上で静止した人から見た台車の加速度を b とするとき，b を m，M，a を用いて表せ。

問4　a を μ，m，M，g を用いて表せ。

問5　このとき，物体Bが台車から受ける力の方向と大きさをそれぞれ答えよ。ただし，大きさは μ，m，M，g を用いて表せ。

問6　**問3**のように，手のひらを取りさると，物体Aは台車上面を移動する。図Ⅰ－3は，移動の初めの位置x_1からx_2まで，距離ℓだけ移動したときの図である。移動した時間をa，ℓを用いて表せ。



図Ⅰ－3

問7　水平方向について，台車と物体A，Bの運動量の和は保存されている。このことを利用して，物体Aが位置x_2にあるときの，床に静止した人から見た物体Aの速度をm，M，a，ℓを用いて表せ。

問8　物体Aが位置x_1から位置x_2まで移動する間に，台車はどちらの方向にどれだけ移動したかをそれぞれ答えよ。ただし，移動距離はm，M，ℓを用いて表せ。

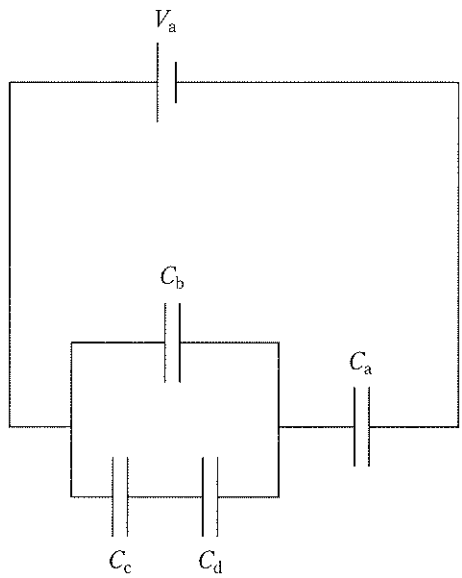
問9　物体Aが位置x_2にあるとき，物体A，Bと台車がもっている運動エネルギーの和はいくらか。μ，m，g，ℓを用いて表せ。

［Ⅱ］ 以下の設問に答えよ。ただし，クーロンの法則の比例定数を k とする。

問1 面積 S の金属板2枚を用いて平行板コンデンサーを作製する。極板間の距離は d とする。両極板にそれぞれ $+Q$，$-Q$ の電荷を与えたとき，極板間に生じる電位差 V_0 を求めよ。

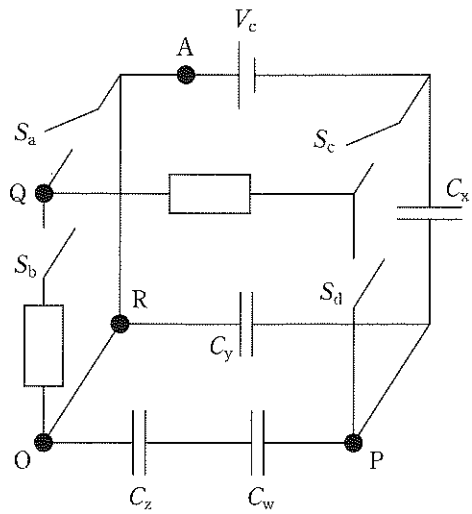
問2 **問1**の平行板コンデンサーの電気容量 C_0 を k，d，S を用いて表せ。

問3 電気容量 C_0 のコンデンサーを複数用いて，図Ⅱ－1のような回路を作る。電池の起電力は V_a とする。コンデンサー C_a に蓄えられる電荷 Q_a を，C_0 と V_a を用いて表せ。また，コンデンサー C_b に生じる電位差 V_b を，V_a を用いて表せ。



図Ⅱ－1

次に，図Ⅱ－2のように一辺の長さがLの立方体の形で構成される回路を作る。各頂点で3本の導線が直角に交わっている。この回路にはスイッチS_a～S_dがあり，独立に開閉できる。回路内のコンデンサー（C_w～C_z）の電気容量はすべてC_0であり，2つの抵抗の抵抗値はともにR_1とする。また，電池の起電力はV_cとする。



図Ⅱ－2

問4　S_aからS_dまでの4つのスイッチのうち，いずれか2つのスイッチを同時に入れて，十分な時間が経ったときの，コンデンサーC_xに生じる電位差を比較する。コンデンサーC_xの電位差が最大となるようなスイッチの組み合わせを，以下の㋐～㋕からすべて選び，記号で答えよ。

㋐　S_aとS_b　　㋑　S_aとS_c　　㋒　S_aとS_d

㋓　S_bとS_c　　㋔　S_bとS_d　　㋕　S_cとS_d

問5　S_a から S_d までの4つのスイッチのうち，いずれか2つのスイッチを同時に入れて十分な時間が経ったときの，点Aを流れる電流を比較する。この電流が最大となるようなスイッチの組み合わせを，**問4**の㋐～㋓からすべて選び記号で答えよ。

問6　S_a から S_d までの4つのスイッチのうち，ひとつを抵抗値 R_1 の抵抗に取り替え，残りのスイッチを同時に入れて十分な時間が経ったときの，点Aを流れる電流を比較する。この電流が最小となるためには，どのスイッチを抵抗に替えれば良いか，S_a～S_d の記号からすべて選び答えよ。

問7　スイッチと抵抗を図Ⅱ－2の状態に戻す。磁束密度 B の一様な磁場が，点Oから点Qの向きにある場合を考える。回路は動かないように固定されている。いずれか2つのスイッチを同時に入れて十分な時間を経過させる。このとき，回路を回転させるような電磁力が生じている場合がある。このようなスイッチの組み合わせを選び，**問4**の㋐～㋓の記号で答えよ。さらにこの力について，固定を外した瞬間の重心まわりの力のモーメントの大きさを求めよ。なお，この回路の重心は立方体の中心にあるとする。

〔以　下　余　白〕

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

（注意） 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

問	[Ⅰ]				[Ⅱ]		
	1	2	3	4	1	2	3
採点欄							

〈2021 R03150015 (物理)〉

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

（注意） 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

注　　意

1. 受験番号(算用数字)・氏名は指示に従ってただちに所定欄に記入し，それ以外に記入してはならない。
2. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
3. 解答は黒鉛筆またはシャープペンシル（**HB**）で書くこと。
4. 試験終了時にこの解答用紙を裏返して机の上に置き，指示を待つこと。
5. 計算器は一切使用してはならない。

問	[Ⅰ]				[Ⅱ]		
	1	2	3	4	1	2	3
採点欄							

物　　理（解答用紙）

Ⅰ

問 1

問 2

加速度の大きさ＝

張力の大きさ＝

問 3

問 4

問 5

方向＝

大きさ＝

問 6

問 7

問 8

方向＝

移動距離＝

問 9

Ⅱ

問 1

問 2

問 3

Q_a＝

V_b＝

問 4

問 5

問 6

問 7

記号

力のモーメントの大きさ＝