

Supplementary material: A unified description of gravity- and kinematics-induced segregation forces in dense granular flows

Lu Jing, Julio M. Ottino, Richard M. Lueptow, Paul B. Umbanhowar

Controlled system parameters and measured local parameters for all simulations.

Geometry		System parameters					Local properties			Intruder
		$g(\text{m/s}^2)$	θ (deg)	$C_0 h/\dot{\gamma}_0$	P_0 (kPa)	$\dot{\gamma}_0$ (1/s)	z_{eq}/h	$I(z_{eq})$	$\mu(z_{eq})$	R
R=2	velocity controlled (g=0)	0	0	[-2,2]	0.5	40	0.50	0.44	0.56	2
		0	0	[-2,2]	1	10	0.50	0.08	0.42	2
		0	0	[-2,2]	1	20	0.50	0.15	0.45	2
		0	0	[-2,2]	1	30	0.50	0.23	0.49	2
		0	0	[-2,2]	1	40	0.50	0.31	0.52	2
		0	0	[-2,2]	2	10	0.50	0.05	0.40	2
		0	0	[-2,2]	2	20	0.50	0.11	0.43	2
		0	0	[-2,2]	2	30	0.50	0.16	0.46	2
	velocity controlled (g≠0)	0	0	[-2,2]	2	40	0.50	0.22	0.48	2
		5	0	[-2,2]	1.5	10	0.50	0.06	0.40	2
		5	0	[-2,2]	1.5	20	0.50	0.12	0.44	2
		5	0	[-2,2]	1.5	30	0.50	0.18	0.47	2
		5	0	[-2,2]	1.5	40	0.50	0.24	0.49	2
		5	0	[-2,2]	0.5	40	0.50	0.30	0.51	2
		9.81	0	[-2,2]	1.5	10	0.50	0.05	0.40	2
		9.81	0	[-2,2]	1.5	20	0.50	0.11	0.43	2
		9.81	0	[-2,2]	1.5	30	0.50	0.16	0.45	2
		9.81	0	[-2,2]	1.5	40	0.50	0.21	0.48	2
		9.81	0	[-2,2]	0.5	40	0.50	0.24	0.49	2
		15	0	[-2,2]	1.5	10	0.50	0.05	0.39	2
		15	0	[-2,2]	1.5	20	0.50	0.09	0.42	2
		15	0	[-2,2]	1.5	30	0.50	0.14	0.44	2
		15	0	[-2,2]	1.5	40	0.50	0.19	0.47	2
		15	0	[-2,2]	0.5	40	0.50	0.21	0.48	2
	vertical silo	5	90	-	2.5	10	0.25	0.04	0.36	2
		5	90	-	2.5	20	0.25	0.13	0.42	2
		5	90	-	1.5	40	0.25	0.21	0.46	2
		5	90	-	2	40	0.25	0.25	0.48	2
		5	90	-	2.5	40	0.25	0.26	0.49	2
		5	90	-	2	20	0.25	0.11	0.40	2
		3	90	-	1.5	20	0.25	0.17	0.45	2
		3	90	-	2.5	20	0.25	0.15	0.44	2
	wall-driven	3	0	-	1.5	10	0.50	0.04	0.38	2
		3	0	-	1.5	10	0.75	0.16	0.45	2
		3	0	-	2.5	10	0.50	0.04	0.38	2
		3	0	-	2.5	10	0.75	0.11	0.42	2
		3	0	-	2.5	25	0.50	0.11	0.43	2
		3	0	-	2.5	50	0.50	0.22	0.48	2
		3	0	-	2	20	0.50	0.09	0.42	2
		3	0	-	2	20	0.25	0.03	0.37	2
		9.81	0	-	2	20	0.75	0.22	0.48	2
		15	0	-	2	20	0.75	0.18	0.46	2
		9.81	0	-	2	40	0.75	0.31	0.51	2
		9.81	0	-	2	40	0.75	0.31	0.51	2
	inclined wall-driven	5	0	-	2	60	0.75	0.42	0.55	2
		9.81	0	-	2	60	0.75	0.35	0.52	2
		15	0	-	2	60	0.75	0.28	0.49	2
		3	10	-	2	20	0.50	0.10	0.42	2

		3	10	-	2	20	0.25	0.06	0.40	2
		3	13	-	2	20	0.50	0.10	0.42	2
		3	15	-	2	20	0.50	0.10	0.42	2
		3	17	-	2	20	0.50	0.10	0.42	2
		3	30	-	2	20	0.50	0.10	0.42	2
		3	30	-	2	20	0.25	0.13	0.43	2
		3	45	-	2	20	0.25	0.17	0.45	2
		9.81	10	-	2	20	0.75	0.21	0.47	2
		9.81	10	-	2	20	0.25	0.004	0.35	2
		15	10	-	2	20	0.75	0.20	0.47	2
		5	45	-	2	20	0.25	0.17	0.45	2
		9.81	45	-	2	20	0.25	0.14	0.44	2
		15	45	-	2	20	0.25	0.12	0.42	2
		9.81	10	-	2	40	0.75	0.32	0.52	2
		15	10	-	2	40	0.75	0.29	0.51	2
		9.81	45	-	2	40	0.25	0.29	0.50	2
		15	45	-	2	40	0.25	0.26	0.49	2
	inclined chute	9.81	25	-	-	-	0.50	0.19	0.47	2
		9.81	22	-	-	-	0.50	0.07	0.40	2
		9.81	22	-	-	-	0.75	0.08	0.40	2
		9.81	24	-	-	-	0.50	0.15	0.45	2
		9.81	24	-	-	-	0.75	0.15	0.44	2
		{5:9,12,15}	24	-	-	-	0.50	~0.15	~0.45	2
		5	26	-	-	-	0.50	0.23	0.49	2
		5	28	-	-	-	0.50	0.35	0.54	2
Varying R	velocity controlled (g=0)	0	0	2	2	10	0.50	0.05	0.40	[0.5,7]
		0	0	2	2	20	0.50	0.17	0.46	[0.2,7]
		0	0	2	2	30	0.50	0.11	0.43	[0.2,6]
		0	0	2	1	20	0.50	0.15	0.45	[0.5,7]
		0	0	2	1	40	0.50	0.30	0.52	[0.5,7]
		0	0	2	0.5	30	0.50	0.32	0.53	[0.2,7]
		0	0	2	0.5	40	0.50	0.43	0.56	[0.5,7]
		0	0	-2	1	20	0.50	0.16	0.46	[0.5,7]
		0	0	-2	1	40	0.50	0.32	0.52	[0.5,7]
	wall-driven	3	0	-	1.5	20	0.50	0.09	0.41	[0.5,6]
	inclined chute	9.81	24	-	-	-	0.50	0.15	0.45	[0.5,6]